



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월12일

(11) 등록번호 10-2164541

(24) 등록일자 2020년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 15/06 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2013-0126111

(22) 출원일자 2013년10월22일

심사청구일자 2018년10월22일

(65) 공개번호 10-2015-0046643

(43) 공개일자 2015년04월30일

(56) 선행기술조사문헌

Vinkler, Marek, et al. "Visibility driven BVH build up algorithm for ray tracing." Computers & Graphics vol. 36. (2012.02.13.)*

Méndez-Feliu, et al. "From obscurances to ambient occlusion: A survey." The Visual Computer 25.2 (2008.02.15)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

삼성전자 주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

이재돈

경기 용인시 기흥구 흥덕2로118번길 26, 906동 1401호 (영덕동, 흥덕마을9단지이던하우스아파트)

김진우

서울 광진구 자양로4길 15, 5-1호 (자양동, 양자빌딩)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 8 항

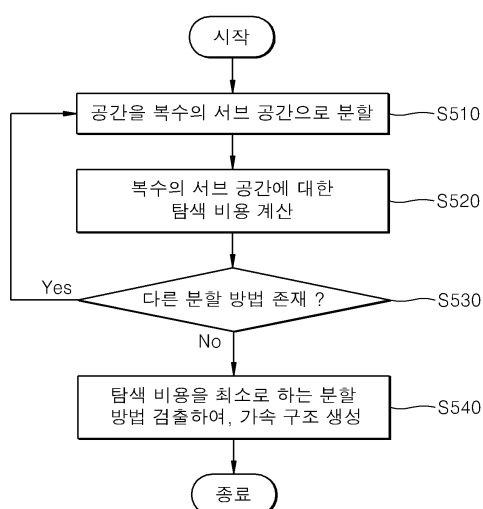
심사관 : 박재학

(54) 발명의 명칭 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치 및 그 생성 방법

(57) 요약

본 발명은 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치 및 생성 방법에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 가속 구조 생성 방법은 3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할하는 단계, 상기 복수의 서브 공간에 포함되는 프리미티브의 차폐정보에 기초하여, 상기 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산하는 단계 및 상기 탐색 비용을 최소화 하는 분할 방법을 검출하고, 상기 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

신용삼

경기 화성시 영통로27번길 53, 211동 1505호 (반월동, 신영통현대2차아파트)

이민우

광주 서구 칠성로 131-1, B동 102호 (쌍촌동, 진성아파트)

이원종

서울 강남구 선릉로69길 20, 106동 1503호 (역삼동, 역삼e-편한세상)

한탁돈

서울 송파구 올림픽로4길 15, 14동 804호 (잠실동, 아시아선수촌아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간들로 분할하는 단계;

상기 복수의 서브 공간들 각각에 포함된 복수의 프리미티브들의 차폐 정보의 합에 기초하여, 상기 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산하는 단계; 및

상기 탐색 비용을 최소로 하는 분할 방법을 검출하고, 상기 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성하는 단계를 포함하고,

상기 차폐 정보는 프리미티브에서 생성된 엠비언트 어클루전(ambient, occlusion, AO) 광선이 주변 프리미티브와 교차하는 정도에 의해 결정되는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 차폐정보는 상기 프리미티브가 상기 주변 프리미티브에 의해 차폐된 정도를 나타내는 것을 특징으로 하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,

상기 AO 광선이 일정 범위 내에서 상기 주변 프리미티브와 교차하는 경우, 상기 차폐정보의 값을 0 내지 1 사이의 값으로 결정하고, 상기 AO 광선이 상기 일정 범위 내에서 상기 주변 프리미티브들과 교차하지 않는 경우, 상기 차폐 정보의 값을 1로 결정하는 단계를 포함하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,

광선-노드 교차 검사 비용, 상기 AO 광선이 상기 복수의 서브 공간들 각각을 지나갈 확률, 상기 복수의 서브 공간들 각각에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합, 광선-프리미티브 교차 검사 비용 중 적어도 하나에 기초하여 상기 탐색 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,

SAH(Surface Area Heuristic)에 기초하여, 상기 탐색 비용을 계산하는 것을 특징으로 하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,

다음과 같은 식을 이용하여 상기 탐색 비용을 계산하고,

$$T = 2 * T1 + A(S1)/A(S) * A0(S1) * T2 + A(S2)/A(S) * A0(S2) * T2$$

T1은 광선-노드 교차 검사 비용이고, A(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내고, A(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내며, A(S)는 상기 공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적, T2는 광선-프리미티브 교차 검사 비용이고, A0(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내고, A0(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내는 것을 특징으로 하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,

상기 프리미티브 하나에 대한 A0광선이 복수개인 경우, 복수의 상기 A0 광선 각각에 대하여 계산된 차폐 정보 값을 평균하는 단계를 더 포함하고,

상기 평균한 값을 상기 프리미티브 하나의 차폐 정보 값으로 하는 것을 특징으로 하는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법.

청구항 10

3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할하는 분할부;

상기 복수의 서브 공간들 각각에 포함된 복수의 프리미티브들의 차폐 정보의 합에 기초하여, 상기 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산하는 탐색 비용 연산부; 및

상기 탐색 비용을 최소로 하는 분할 방법을 검출하고, 상기 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성하는 제어부를 포함하고,

상기 차폐 정보는 프리미티브에서 생성된 엠비언트 어클루전(ambient, occlusion, AO) 광선이 주변 프리미티브와 교차하는 정도를 나타내는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치 및 그 생성 방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 가속 구조 탐색 비용을 최소화 하는 가속 구조 생성 장치 및 그 생성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 3D 렌더링(3-Dimensional Rendering)은 3차원 객체 데이터를 주어진 카메라 시점(view point)에서 보이는 영상으로 합성(synthesis)해주는 영상 처리를 말한다.
- [0003] 렌더링 방법은 3차원 객체를 화면에 투영(projection)하면서 영상을 생성하는 래스터화(rasterization) 방법과 카메라 시점에서 영상의 각 픽셀을 향한 광선을 따라 입사하는 빛의 경로를 추적하여 영상을 생성하는 레이 트레이싱(ray tracing)등이 있다.
- [0004] 이 중 레이 트레이싱은 빛의 물리적 성질(반사, 굴절, 투과 등)을 렌더링 결과에 반영하므로 고품질 영상을 생성할 수 있다는 장점이 있으나, 상대적으로 연산량이 방대하여 고속으로 렌더링 하는데 어려움이 있다.
- [0005] 레이 트레이싱 성능에 있어서 연산량이 많이 요구되는 요소는 렌더링 대상이 되는 신 오브젝트(scene object)들을 공간적으로 분할한 가속 구조(Acceleration Structure, 이하에서는 ‘AS’ 라고 한다.)의 생성 및 탐색(Traversal, 이하에서는 ‘TRV’ 라고 한다)과, 광선과 프리미티브 사이의 교차 검사(Intersection Test, 이하에서는 ‘IST’ 라고 한다)이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 가속 구조 탐색 수행 시, 연산량을 최소화하여, 가속 구조 탐색을 효율적으로 수행할 수 있는 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치 및 그 생성 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법은, 3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할하는 단계, 상기 복수의 서브 공간에 포함되는 프리미티브의 차폐정보에 기초하여, 상기 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산하는 단계 및 상기 탐색 비용을 최소화 하는 분할 방법을 검출하고, 상기 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성하는 단계를 포함한다.
- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 프리미티브의 차폐정보는 상기 프리미티브가 주변 프리미티브에 의해 차폐된 정도를 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 프리미티브의 차폐정보는 상기 프리미티브에서 생성된 엠비언트 어클루전(AO: Ambient Occlusion) 광선에 기초하여, 획득한 것을 특징으로 한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 프리미티브의 차폐정보는 상기 AO 광선이 주변 프리미티브들과 교차하는 정도

를 나타내는 것을 특징으로 한다.

- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용을 계산하는 단계는, 상기 A0 광선이 일정 범위 내에서 주변 프리미티브들과 교차하는 경우, 상기 프리미티브의 차폐정보 값을 0 내지 1 사이의 값으로 결정하고, 상기 A0 광선이 상기 일정 범위 내에서 주변 프리미티브들과 교차하지 않는 경우, 상기 차폐 정보 값을 1로 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용을 계산하는 단계는,
- [0013] 광선-노드 교차 검사 비용, 상기 광선이 상기 각각의 서브 공간을 지나갈 확률, 상기 각각의 서브 공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합, 광선-프리미티브 교차 검사 비용 중 적어도 하나에 기초하여 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용을 계산하는 단계는, SAH(Surface Area Heuristic)에 기초하여, 상기 탐색 비용을 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용을 계산하는 단계는, 다음과 같은 식을 이용하여 상기 탐색 비용을 계산하고,
- [0016]
$$T = 2 * T1 + A(S1) / A(S) * A0(S1) * T2 + A(S2) / A(S) * A0(S2) * T2$$
- [0017] T1은 광선-노드 교차 검사 비용이고, A(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내고, A(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내며, A(S)는 상기 공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적, T2는 광선-프리미티브 교차 검사 비용이고, A0(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내고, A0(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용을 계산하는 단계는, 상기 프리미티브 하나에 대한 A0광선이 복수개인 경우, 상기 복수의 A0 광선 각각에 대하여 계산된 차폐 정보 값을 평균하는 단계를 더 포함하고, 상기 평균한 값을 상기 프리미티브 하나의 차폐 정보 값으로 하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치는 3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할하는 분할부, 상기 복수의 서브 공간에 포함되는 프리미티브의 차폐정보에 기초하여, 상기 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산하는 탐색 비용 연산부 및 상기 탐색 비용을 최소로 하는 분할 방법을 검출하고, 상기 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성하는 제어부를 포함한다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용 연산부는, 상기 A0 광선이 일정 범위 내에서 주변 프리미티브들과 교차하는 경우, 상기 프리미티브의 차폐정보 값을 0 내지 1 사이의 값으로 결정하고, 상기 A0 광선이 상기 일정 범위 내에서 주변 프리미티브들과 교차하지 않는 경우, 상기 차폐 정보 값을 1로 결정하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용 연산부는, 광선-노드 교차 검사 비용, 상기 광선이 상기 각각의 서브 공간을 지나갈 확률, 상기 각각의 서브 공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합, 광선-프리미티브 교차 검사 비용 중 적어도 하나에 기초하여 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용 연산부는, SAH(Surface Area Heuristic)에 기초하여, 상기 탐색 비용을 계산하는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용 연산부는, 다음과 같은 식을 이용하여 상기 탐색 비용을 계산하며,
- [0024]
$$T = 2 * T1 + A(S1) / A(S) * A0(S1) * T2 + A(S2) / A(S) * A0(S2) * T2$$
- [0025] T1은 광선-노드 교차 검사 비용이고, A(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내고, A(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적을 나타내며, A(S)는 상기 공간에 포함되는 프리미티브들의 표면적, T2는 광선-프리미티브 교차 검사 비용이고, A0(S1)은 제1 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내고, A0(S2)는 제2 서브공간에 포함되는 프리미티브들의 차폐정보의 합을 나타내는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 탐색 비용 연산부는, 상기 프리미티브 하나에 대한 A0광선이 복수개인 경우, 상기 복수의 A0 광선 각각에 대하여 계산된 차폐 정보 값을 평균하여, 상기 평균한 값을 상기 프리미티브 하나

의 차폐 정보 값으로 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 가속 구조 탐색을 효율적으로 수행할 수 있어, 가속 구조 탐색에 필요한 연산량을 최소화할 수 있다.
- [0028] 탐색과정에서 발생하는 가속 구조의 노드 페치(fetch)를 감소시킴에 따라, 메모리 사용량을 감소시킬 수 있다.
- [0029] 이에 따라, 레이 트레이싱 처리 장치의 처리 능력 및 처리속도가 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 일반적인 레이 트레이싱 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 레이 트레이싱 시스템을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치를 나타내는 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법을 설명하기 위해 참조되는 도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 AO 광선을 나타내는 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 가속 구조의 일부를 나타내는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0032] 도 1은 레이 트레이싱 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 3차원 모델링은 광원(80), 제1 물체(31), 제2 물체(32), 제3 물체(33)를 포함할 수 있다. 도 1에서, 제1 물체(31), 제2 물체(32) 및 제3 물체(33)는 2차원 물체와 같이 표현되었지만, 이는 설명의 편의를 위한 것이며, 제1 물체(31), 제2 물체(32) 및 제3 물체(33)는 3차원 물체이다.
- [0034] 이때, 제1 물체(31)는 반사율 및 굴절율이 0보다 크고, 제2 물체(32) 및 제3 물체(33)는 반사율 및 굴절율이 0 이라고 가정할 수 있다. 즉, 제1 물체(31)는 빛을 반사 및 굴절시키며, 제2 물체(32) 및 제3 물체(33)는 빛을 반사시키지도 굴절시키지도 않는다고 가정할 수 있다.
- [0035] 도 1과 같은 3차원 모델링에서, 렌더링 장치(예를 들어, 레이 트레이싱 장치)는 3차원 영상을 생성하기 위해 시점(10)을 결정하고, 결정된 시점(10)에 따라 화면(15)을 결정할 수 있다.
- [0036] 시점(10)과 화면(15)이 결정되면, 레이 트레이싱 장치(100)는 시점(10)으로부터 화면(15)의 각 픽셀들에 대하여 광선을 생성할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 화면(15)의 해상도가 4*3인 경우, 12개의 픽셀에 대하여 각각 광선을 생성할 수 있다.
- [0038] 이하에서는, 하나의 픽셀(픽셀 A)에 대한 광선만을 설명하기로 한다.
- [0039] 도 1을 참조하면, 시점(10)으로부터 픽셀 A에 대하여 1차 광선(primary ray, 40)이 생성된다. 1차 광선(40)은 3차원 공간을 통과하여, 제1 물체(31)에 도달한다. 여기서, 제1 물체(31)는 일정한 단위 영역(이하, 프리미티브(primitive)라 한다.)들의 집합으로 구성될 수 있으며, 예를 들어, 프리미티브(primitive)는 삼각형, 사각형 등의 다각형일 수 있다. 이하에서는, 프리미티브가 삼각형인 것을 예로 들어 설명하기로 한다.
- [0040] 한편, 1차 광선(40)과 제1 물체(31)의 교차점(hit point)에서는 쉐도우 광선(shadow ray, 50), 반사 광선(reflection ray, 60) 및 굴절 광선(refraction ray, 70)을 생성할 수 있다. 이때, 쉐도우 광선(50), 반사 광선(60) 및 굴절 광선(70)을 2차 광선이라고 한다.
- [0041] 쉐도우 광선(50)은 교차점으로부터 광원(80)의 방향으로 생성된다. 반사 광선(60)은 1차 광선(40)의 입사각에

대응되는 방향으로 생성되고, 제1 물체(31)의 반사율에 따른 가중치를 적용받는다. 굴절 광선(70)은 1차 광선(40)의 입사각 및 제1 물체(31)의 굴절율에 대응되는 방향으로 생성되고, 제1 물체(31)의 굴절율에 따른 가중치를 적용받는다.

- [0042] 레이 트레이싱 장치(100)는 쉼도우 광선(50)을 통해 교차점이 광원(80)에 노출되어 있는지를 판단한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 쉼도우 광선(50)이 제2 물체(32)와 만나면, 해당 쉼도우 광선(50)이 생성된 교차점에 그림자가 생성될 수 있다.
- [0043] 또한, 레이 트레이싱 장치(100)는 굴절 광선(70) 및 반사 광선(60)이 다른 물체에 도달하는지를 판단한다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 굴절 광선(70)의 진행방향에는 어떠한 물체도 존재하지 않으며, 반사 광선(60)은 제3 물체(33)에 도달한다. 이에 따라, 레이 트레이싱 장치(100)는 제3 물체(33)의 교차점의 좌표 및 색상 정보를 확인하고, 다시 제3 물체(33)의 교차점으로부터 쉼도우 광선(90)을 생성한다. 이때, 레이 트레이싱 장치(100)는 쉼도우 광선(90)이 광원(80)에 노출되어 있는지 판단한다.
- [0044] 한편, 제3 물체(33)의 반사율 및 굴절율은 0이므로, 제3 물체(33)에 대한 반사 광선 및 굴절 광선은 생성되지 않는다.
- [0045] 상술한 바와 같이, 레이 트레이싱 장치(100)는 픽셀 A에 대한 1차 광선(40) 및 1차 광선(40)으로부터 파생되는 모든 광선들을 분석하고, 분석 결과에 따라 픽셀 A의 색상 값을 결정한다. 픽셀 A의 색상 값의 결정은 1차 광선(40)의 교차점의 색상, 반사 광선(60)의 교차점의 색상, 쉼도우 광선(50)이 광원(80)에 도달하는지 여부에 영향을 받는다.
- [0046] 레이 트레이싱 장치(100)는, 상기와 같은 과정을 화면(15)의 모든 픽셀들에 대하여 수행하여, 화면(15)을 구성할 수 있다.
- [0047] 도 2는 레이 트레이싱 시스템을 나타내는 도면이다.
- [0048] 도 2를 참조하면, 레이 트레이싱 시스템은 레이 트레이싱 장치(100), 외부 메모리(250) 및 가속 구조 생성 장치(200)를 포함할 수 있다.
- [0049] 또한, 레이 트레이싱 장치(100)는 광선 생성 유닛(110), TRV 유닛(Traversal unit, 120), IST 유닛(Intersection unit, 130) 및 셰이딩 유닛(shading unit, 140)을 포함할 수 있다.
- [0050] 광선 생성 유닛(110)은 1차 광선 및 1차 광선에 의해 파생되는 광선들을 생성할 수 있다. 광선 생성 유닛(110)은 도 1에서 설명한 바와 같이, 시점(10)으로부터 1차 광선을 생성하고, 1차 광선과 오브젝트의 교차점에서 2차 광선을 생성할 수 있다. 이때, 2차 광선은 1차 광선이 오브젝트와 교차된 지점에서 생성된 반사, 굴절 또는 쉼도우 광선일 수 있다.
- [0051] 또한, 광선 생성 유닛(110)은 2차 광선과 오브젝트의 교차점에서 3차 광선을 생성할 수 있다. 광선 생성 유닛(110)은 광선이 오브젝트와 교차하지 않을 때까지 광선을 계속해서 생성하거나, 정해진 횟수 내에서 광선을 생성할 수 있다.
- [0052] TRV 유닛(120)은 광선 생성 유닛(110)으로부터 생성된 광선에 대한 정보를 수신할 수 있다. 생성된 광선은 1차 광선 및 1차 광선에 의해 파생된 광선(2차 광선, 3차 광선 등)을 모두 포함한다.
- [0053] 예를 들어, 1차 광선의 경우, TRV 유닛(120)은 생성된 광선의 시점 및 방향에 대한 정보를 수신할 수 있다. 또한, 2차 광선의 경우, TRV 유닛(120)은 2차 광선의 출발점 및 방향에 대한 정보를 수신할 수 있다. 2차 광선의 출발점은 1차 광선이 오브젝트와 교차된 지점을 나타낸다. 또한, 시점 또는 출발점은 좌표로 표현될 수 있으며, 방향은 벡터로 표현될 수 있다.
- [0054] TRV 유닛(120)은 외부 메모리(250)로부터 가속 구조에 대한 정보를 읽어올 수 있다.
- [0055] 이때, 가속 구조(AS)는 가속 구조 생성 장치(Acceleration Structure Generator, 200)에 의해 생성되며, 생성된 가속 구조(AS)는 외부 메모리(250)에 저장된다.
- [0056] 가속 구조 생성 장치(200)는 3차원 공간상의 오브젝트들의 위치 정보를 포함하는 가속 구조를 생성할 수 있다. 가속 구조 생성 장치(200)는 3차원 공간을 계층적 트리 형태로 분할한다. 가속 구조 생성 장치(200)는 여러 가지 형태의 가속 구조를 생성할 수 있다. 예를 들어, 가속 구조 생성 장치(200)는 KD-tree(K-dimensional tree), BVH(Bounding Volume Hierarchy), SSBVH, OSAH, AOBVH를 적용하여, 3차원 공간상의 오브젝트들의 관계를

나타내는 가속 구조를 생성할 수 있다. 이에 대해서는 도 3을 참조하여, 자세히 설명하기로 한다.

- [0057] 도 3은 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- [0058] 이하에서, 설명의 편의를 위하여, 가속 구조(AS)의 노드에 기재된 숫자로, 각 노드를 지칭하기로 한다. 예를 들어, 숫자 1이 기재되고 원형으로 도시된 노드(351)는 제1 노드(351)로, 숫자 2가 기재되고 사각형으로 도시된 노드(352)는 제2 노드(352)로, 숫자 5가 기재되고, 점선으로 된 사각형으로 도시된 노드(355)는 제5 노드(355)로 지칭할 수 있다.
- [0059] 가속 구조(AS)는 루트 노드(root node), 내부 노드(inner node) 리프 노드(leaf node) 및 프리미티브(primitive)를 포함할 수 있다.
- [0060] 도 3에서, 제1 노드(351)는 루트 노드를 나타낸다. 루트 노드는 부모 노드(parent node)는 가지지 않고, 자식 노드(child node)만 가지는 최상위 노드이다. 예를 들어, 제1 노드(351)의 자식 노드는 제2 노드(352) 및 제3 노드(353)이며, 제1 노드(351)의 부모 노드는 존재하지 않는다.
- [0061] 또한, 제2 노드(352)는 내부 노드일 수 있다. 내부 노드는 부모 노드 및 자식 노드를 모두 가지는 노드이다. 예를 들어, 제2 노드(352)의 부모 노드는 제1 노드(351)이며, 제2 노드(352)의 자식 노드는 제4 노드(354) 및 제5 노드(355)이다.
- [0062] 또한, 제8 노드(358)는 리프 노드일 수 있다. 리프 노드는 자식 노드는 가지지 않고, 부모 노드만 가지는 최하위 노드이다. 예를 들어, 제8 노드(358)의 부모 노드는 제7 노드(357)이며, 제8 노드(358)의 자식 노드는 존재하지 않는다.
- [0063] 한편, 리프 노드는 리프 노드에 존재하는 프리미티브들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 리프 노드인 제6 노드(356)는 1개의 프리미티브를, 리프 노드인 제8 노드(358)는 3개의 프리미티브를, 리프 노드인 제9 노드(359)는 2개의 프리미티브를 포함한다.
- [0064] 다시 도 2를 참조하면, TRV 유닛(120)은 읽어온 가속 구조(AS)에 대한 정보를 탐색하여, 광선이 교차하는 리프 노드를 검출할 수 있다.
- [0065] IST 유닛(130)은 TRV 유닛(120)으로부터 광선이 교차하는 리프 노드를 수신할 수 있다.
- [0066] IST 유닛(130)은 수신한 리프 노드에 포함된 프리미티브들에 대한 정보(기하 데이터)를 외부 메모리(250)로부터 읽어올 수 있다.
- [0067] IST 유닛(130)은 읽어온 프리미티브들에 대한 정보를 이용하여, 광선과 프리미티브들 간의 교차 검사를 수행할 수 있다.
- [0068] 예를 들어, IST 유닛(130)은 TRV 유닛(120)으로부터 수신한 리프 노드에 포함된 복수의 프리미티브 중에서 어느 프리미티브에 광선이 교차되었는지를 검사할 수 있다.
- [0069] 이에 따라, 광선이 교차되는 프리미티브들을 검출하고, 검출된 프리미티브와 광선이 교차된 지점(hit point)을 계산할 수 있다.
- [0070] 계산된 교차점(hit point)은 좌표 형태로 셰이딩 유닛(140)으로 출력될 수 있다.
- [0071] 셰이딩 유닛(140)은 교차점에 대한 정보 및 교차점의 물질의 특성에 기초하여 픽셀의 색상 값을 결정할 수 있다. 또한, 셰이딩 유닛(140)은 교차점의 물질의 기본 색상 및 광원에 의한 효과 등을 고려하여, 픽셀의 색상 값을 결정할 수 있다.
- [0072] 예를 들어, 도 1의 픽셀 A의 경우, 셰이딩 유닛(140)은 1차 광선(40) 및 2차 광선인 굴절 광선(70), 반사 광선(60), 쉼도우 광선(50)에 의한 효과를 모두 고려하여, 픽셀 A의 색상 값을 결정할 수 있다.
- [0073] 한편, 레이 트레이싱 장치(100)는 외부 메모리(250)로부터 레이 트레이싱에 필요한 데이터를 수신할 수 있다. 외부 메모리(250)는 가속 구조(AS) 또는 기하 데이터(geometry data)를 저장할 수 있다.
- [0074] 가속 구조(AS)는 가속 구조 생성 장치(200)에 의해 생성되고, 외부 메모리(250)에 저장된다.
- [0075] 또한, 기하 데이터는 프리미티브들에 대한 정보를 나타낸다. 프리미티브는 삼각형, 사각형 등의 다각형일 수 있으며, 기하 데이터는 오브젝트에 포함되는 프리미티브들의 정점 및 위치에 대한 정보를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 프리미티브가 삼각형인 경우, 기하 데이터는 삼각형들의 세 점에 대한 정점 좌표, 법선 벡터 또는 텍스처

좌표를 포함할 수 있다.

- [0076] 한편, 도 2 및 도 3에서 설명한 바와 같이, 레이 트레이싱 장치(100)는 가속 구조(AS)를 탐색하여, 광선에 교차하는 리프 노드를 검출할 수 있다.
- [0077] 이때, 레이 트레이싱 장치(100)는 어느 하나의 경로를 따라 가속 구조를 탐색하고, 탐색이 완료되면, 다른 경로로 가속 구조를 탐색할 수 있다.
- [0078] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 가속 구조 생성 장치(200)는 레이 트레이싱 시스템에서 가속 구조 탐색 시, 필요한 연산량을 최소로 하는 가속 구조를 생성할 수 있다. 즉, 가속 구조 탐색 장치(200)는 탐색 비용을 최소로 하는 최적의 공간분할 위치를 찾아, 이에 대응하는 가속 구조를 생성할 수 있다.
- [0079] 이에 대해서는, 이하에서 도 4 내지 도 8을 참조하여, 자세히 설명하기로 한다.
- [0080] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 장치를 나타내는 블록도이다.
- [0081] 가속 구조 생성 장치(200)는 도 2에서 설명한 바와 같이, 레이 트레이싱의 전처리(pre-processing)로서 가속 구조를 생성하고, 생성된 가속 구조를 외부 메모리(250)에 저장할 수 있다.
- [0082] 도 4를 참조하면, 가속 구조 생성 장치(200)는 분할부(210), 탐색 비용 연산부(220) 및 제어부(230)를 포함할 수 있다.
- [0083] 분할부(210)는 3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할할 수 있다. 이때, 분할부(210)는 공간에 대한 분할 면을 선택하여, 선택된 분할 면을 기준으로 공간을 복수의 서브 공간으로 분할할 수 있다.
- [0084] 분할부(210)는 복수의 분할 면으로 공간을 분할할 수 있으며, 하나의 분할 면으로 공간을 분할하는 경우, 2개의 서브 공간을 형성할 수 있다. 또한, 복수의 분할 면으로 공간을 분할하는 경우, 3개 이상의 서브 공간을 형성할 수 있다.
- [0085] 탐색 비용 연산부(220)는 분할 면에 의해 형성된 복수의 서브 공간에 포함되는 프리미티브의 차폐 정보에 기초하여, 탐색 비용을 연산할 수 있다. 이때, 프리미티브의 차폐 정보는 프리미티브가 주변 프리미티브에 의해 차폐된 정도를 나타내는 데이터일 수 있으며, 프리미티브에서 생성된 엠비언트 어클루전(AO) 광선이 주변 프리미티브에 교차되는 정도에 의해 값이 결정될 수 있다.
- [0086] 또한, 탐색 비용 연산부(220)는 공간을 분할하는 복수의 분할 방법에 대해 각각 탐색 비용을 연산할 수 있다.
- [0087] 제어부(230)는 탐색 비용을 최소로 하는 분할 방법을 검출할 수 있다. 또한, 제어부(230)는 검출된 분할 방법에 대응하는 가속 구조를 생성할 수 있다. 예를 들어, 제어부(230)는 탐색 비용을 최소로 하는 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간 각각을 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성할 수 있다.
- [0088] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 생성 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0089] 가속 구조 생성 장치(200)는 3차원 객체를 포함하는 공간을 복수의 서브 공간으로 분할할 수 있다(S510).
- [0090] 예를 들어, 가속 구조 생성 장치(200)는 공간에 대한 분할 면을 선택하여, 분할 면을 기준으로 분할된 각각의 서브 공간을 형성할 수 있다. 공간에 대한 분할 면은 복수일 수 있으며, 분할 면이 하나인 경우, 2개의 서브 공간이 형성될 수 있으며, 분할 면이 복수인 경우, 3개 이상의 서브 공간이 형성될 수 있다.
- [0091] 또한, 분할 면은 다양하게 결정될 수 있다. 예를 들어, 도 6을 참조하면, 도 6의 (a)는 제1 분할 면(610)을 기준으로 공간이 분할된 예를 나타내며, 도 6의 (b)는 제2 분할 면(620)을 기준으로 공간이 분할된 예를 나타낸다.
- [0092] 도 6의 (a)와 같이, 제1 분할 면(610)을 기준으로 공간(S)을 분할하면, 제1 서브 공간(S1) 및 제2 서브 공간(S2)이 형성될 수 있다. 이때, 각각의 서브 공간은 가속 구조의 노드(node)에 대응될 수 있다.
- [0093] 또한, 제1 서브 공간(S1) 및 제2 서브 공간(S2)은 각각 3개의 프리미티브를 포함할 수 있다.
- [0094] 한편, 도 6의 (b)와 같이, 제2 분할 면(620)을 기준으로 공간(S)을 분할하면, 제3 서브 공간(S3) 및 제4 서브 공간(S4)이 형성될 수 있다. 이에 따라, 제3 서브 공간(S3)은 4개의 프리미티브를 제4 서브 공간(S4)은 2개의 프리미티브를 포함할 수 있다.
- [0095] 다시 도 5를 참조하면, 가속 구조 생성 장치(200)는 분할 면에 의해 형성된 복수의 서브 공간에 포함되는 프리

미티브의 차폐정보에 기초하여, 탐색 비용을 계산할 수 있다(S520).

- [0096] 이때, 프리미티브의 차폐정보는 프리미티브가 주변 프리미티브에 의해 차폐된 정도를 나타내는 데이터일 수 있다.
- [0097] 예를 들어, 프리미티브의 차폐정보는 도 7에 도시된 바와 같이, 프리미티브(710)에서 앰비언트 어클루전(AO: Ambient Occlusion) 광선(720)을 생성하여, AO 광선(720)이 주변 프리미티브에 교차하는 정도에 의해 결정될 수 있다.
- [0098] 이때, AO 광선(720)은 프리미티브(710)에서 임의의 방향으로 생성된 광선일 수 있으며, 복수로 생성될 수 있다.
- [0099] 예를 들어, 차폐 정보 값은 AO 광선(720)이 기 설정된 범위 내에서 다른 프리미티브와 교차하는 경우, 0 내지 1 사이의 값을 가지고, AO 광선(720)이 상기 일정 범위 내에서 다른 프리미티브들과 교차하지 않는 경우, 1을 가질 수 있다.
- [0100] 이에 따라, 차폐 정보 값은 다른 프리미티브들에 의해 차폐되는 정도가 클수록 작은 값을 가지고, 다른 프리미티브들에 의해 차폐되는 정도가 작을수록 큰 값을 가질 수 있으며, 차폐 정보의 최대값은 1일 수 있다.
- [0101] 또한, 도 7에 도시된 바와 같이, 프리미티브(710) 하나에 대하여 복수의 AO 광선(720)이 생성되는 경우, 프리미티브 하나의 차폐 정보 값은 각각의 AO 광선(710)에 대해 계산된 차폐정보 값을 평균한 값으로 할 수 있다.
- [0102] 또한, 프리미티브의 차폐 정보 값은 시점에 독립적인 프리미티브의 가시성을 나타낼 수 있다.
- [0103] 한편, 가속 구조 생성 장치(200)는 임의의 분할 면에 의해 형성된 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 SAH(Surface Area Heuristic) 방식을 이용하여 계산할 수 있다.
- [0104] 이하에서는, 설명의 편의를 위해 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 제1 분할 면(610)에 의해 형성된 제1 서브 공간(S1) 및 제2 서브 공간(S2)에 대한 탐색 비용을 예로 들어 설명하기로 한다.
- [0105] 우선, 하나의 노드를 탐색하는 비용을 T1이라고 하면, 제1 서브 공간(S1)에 대응하는 제1 노드 및 제2 서브 공간(S2)에 대응하는 제2 노드를 탐색하는 비용은 $2 \times T1$ 로 계산될 수 있다.
- [0106] 또한, 임의의 광선이 제1 서브 공간(S1)을 지나갈 확률 및 제2 서브 공간(S2)을 지나갈 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$P(S1|S)=A(S1)/A(S)$$

$$P(S2|S)=A(S2)/A(S)$$

- [0107]
- [0108] 수학식 1에서, A(S)는 공간(S)의 표면적, A(S1)은 제1 서브 공간(S1)의 표면적, A(S2)는 제2 서브 공간(S2)의 표면적을 나타낸다.
- [0109] 이에 따라, 프리미티브들의 독립적인 시점에 대한 가시성을 고려하여, 제1 노드에 포함되는 프리미티브들에 대한 교차 검사 비용(Tpri(S1)) 및 제2 노드에 포함되는 프리미티브들에 대한 교차 검사 비용(Tpri(S2))은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$T_{pri}(S1)=A(S1)/A(S)*AO(S1)*T2$$

$$T_{pri}(S2)=A(S2)/A(S)*AO(S2)*T2$$

- [0110]
- [0111] 수학식 2에서, T2는 하나의 프리미티브에 대한 교차 검사 비용을 나타내고, AO(S1)은 제1 서브 공간(S1)에 포함

된 프리미티브들의 차폐 정보의 합을 나타내며, AO(S2)는 제2 서브 공간(S2)에 포함된 프리미티브들의 차폐 정보의 합을 나타낸다.

[0112] 이때, 제1 서브 공간(S1) 및 제2 서브 공간(S2)에 포함되는 프리미티브들의 차폐 정보의 합 AO(S1) 및 AO(S2)는 AO 광선을 이용하여, 획득할 수 있다.

[0113] 예를 들어, 제1 서브 공간(S1)에 포함되는 프리미티브(710)에서 도 7에 도시된 바와 같이, AO 광선(720)을 생성하여, 생성된 AO 광선(720)이 주변 프리미티브들과 교차하는 교차 T값(주변 프리미티브와의 교차 범위)을 이용하여, 차폐 정보 값(AO_Cost)을 계산할 수 있다.

수학식 3

[0114]
$$AO_Cost = \text{clamp}(T, 0, AO_cut_off) / AO_cut_off$$

[0115] 여기서, 교차 T값이 차폐 기준 값(AO cut off)값 이상인 경우, 차폐 정보 값(AO_Cost)은 1을 가지고, 교차 T값이 차폐 기준 값 미만인 경우, 교차 T값을 0과 1사이의 값으로 정규화한 값을 차폐 정보 값(AO_Cost)으로 할 수 있다.

[0116] 따라서, AO 광선(720)이 일정 범위(차폐 기준 값)내에서 다른 프리미티브와 교차하지 않는 경우, 차폐 정보 값은 1을 가지고, AO 광선이 일정 범위(차폐 기준 값)내에서 다른 프리미티브와 교차하는 경우, 0에서 1사이의 값을 가진다.

[0117] 또한, AO 광선이 복수로 생성되는 경우, 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, AO 광선(720)이 제1 AO 광선, 제2 AO 광선, 제3 AO 광선 및 제4 AO 광선을 포함하는 경우, 각각의 AO광선에 대한, 차폐 정보 값(제1 내지 제4 차폐 정보 값)을 구하여, 이를 평균한 값을 탐색 비용 연산에 이용할 수 있다.

[0118] 따라서, 제1 분할 면(610)에 의해 형성된 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0119]
$$T = 2 * T1 + A(S1) / A(S) * AO(S1) * T2 + A(S2) / A(S) * AO(S2) * T2$$

[0120] 가속 구조 생성 장치(200)는 수학식 4를 이용하여, 탐색 비용을 연산할 수 있다.

[0121] 예를 들어, 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 공간을 제1 분할 면(610)을 기준으로 분할한 경우, 제1 서브 공간(S1)에 포함되는 프리미티브들의 차폐 정보의 합 AO(S1) 및 제2 서브 공간(S2)에 포함되는 프리미티브들의 차폐 정보의 합 AO(S2)를 이용하여, 제1 분할 방법(제1 분할 면에 의한 분할 방법)에 대한 제1 탐색 비용을 획득할 수 있다.

[0122] 가속 구조 생성 장치(200)는 제1 분할 방법에 대한 탐색 비용 연산을 마친 후, 다른 분할 방법이 존재하는지 여부를 판단할 수 있다(S530).

[0123] 다른 분할 방법이 존재하는 경우, 가속 구조 생성 장치(200)는 다른 분할 방법에 의해 분할된 복수의 서브 공간에 대한 탐색 비용을 계산할 수 있다.

[0124] 예를 들어, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 제2 분할 면(620)에 의해 형성된 제3 서브 공간(S3) 및 제4 서브 공간(S4)에 대한 탐색 비용을 계산할 수 있다. 이때, 앞에서 설명한 제1 탐색 비용 계산과 동일한 방식으로, 제2 분할 방법(제2 분할 면에 의한 분할 방법)에 대한 제2 탐색 비용을 획득할 수 있다.

[0125] 반면에, 다른 분할 방법이 존재하지 않는 경우, 이제까지 계산한 탐색 비용들을 비교하여, 탐색 비용을 최소화하는 분할 방법을 검출하고, 검출된 분할 방법에 대응하는 가속 구조를 생성할 수 있다(S540).

[0126] 예를 들어, 계산된 탐색 비용 중 제2 탐색 비용이 최소인 경우, 도 8에 도시된 바와 같이, 제2 분할 방법에 대응하는 가속 구조를 생성할 수 있다. 이때, 가속 구조 생성 장치(200)는 제2 분할 면(620)에 의해 분할된 제3 서브 공간(S3) 및 제4 서브 공간(S4)을 각각 노드로 설정하여, 가속 구조를 생성할 수 있다.

- [0127] 예를 들어, 도 8과 같이, 전체 공간(S)에 대응하는 노드(810)를 루트 노드(root node)로 설정하고, 제3 서브 공간(S3)에 대응하는 노드(820) 및 제4 서브 공간(S4)에 대응하는 노드(830)를 전체 공간(S)에 대응하는 노드의 자식 노드로 설정할 수 있다.
- [0128] 또한, 가속 구조 생성 장치(200)는 제3 서브 공간을 다시 복수의 서브 공간으로 나누고, 탐색 비용을 연산하여, 탐색 비용을 최소화 하는 분할 방법을 검출할 수 있다.
- [0129] 이때, 가속 구조 생성 장치(200)는 도 8에 도시된 바와 같이, 검출된 분할 방법에 의해 분할된 서브 공간들(제5 서브 공간, 제6 서브 공간)에 대응하는 노드들(840, 850)을 제3 서브 공간에 대응하는 노드(820)의 자식 노드로 설정할 수 있다.
- [0130] 이에 따라, 가속 구조 생성 장치(200)는 계속해서 최소의 탐색 비용을 가지는 서브 공간을 검출하여, 가속 구조를 생성할 수 있다.
- [0131] 아래의 표 1은 가속 구조의 생성 방법 및 시점에 따른 TRV 유닛과 IST 유닛에서의 연산량을 나타내는 것이다. 또한, 비교예 1의 연산량에 대비하여, 비교예 2, 비교예 3 및 실시예 1 각각의 연산량 감소율을 나타낸다.

표 1

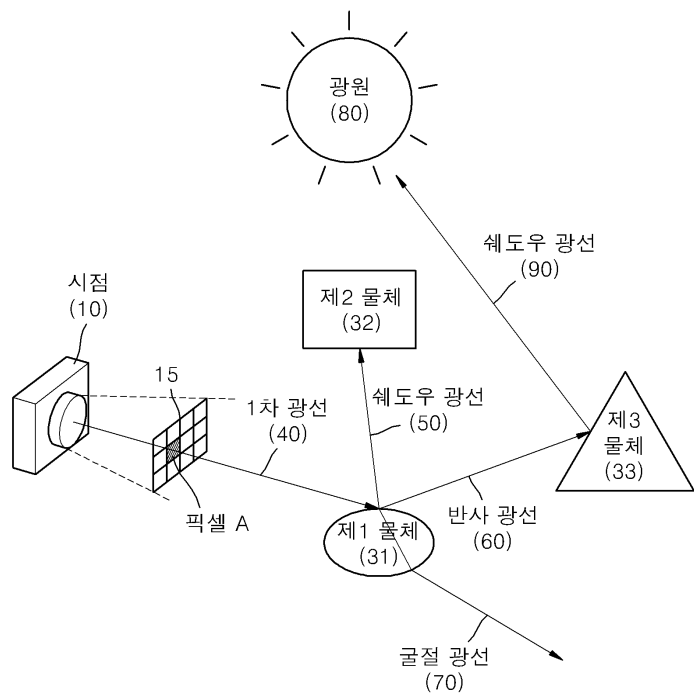
	비교예 1	비교예 2	비교예 3	실시예 1
시점1 IST+TRV연산량(감소율)	52.9 (0.0%)	34.4 (34.9%)	33.9 (35.9%)	31.41 (40.6%)
시점2 IST+TRV연산량(감소율)	44.9 (0.0%)	36.4 (18.9%)	36.1 (19.5%)	30.80 (31.4%)

- [0133] 표 1을 참조하면, 비교예 1은 BVH(Bounding Volume Hierarchy) 방식을 이용하여, 가속 구조를 생성한 예이다. BVH 방식은 프리미티브를 포함하는 바운딩 박스를 기반으로 공간을 분할하는 방식이다.
- [0134] 비교예 2는 SBVH(Spatial splits in BVH) 방식을 이용하여, 가속 구조를 생성한 예이다. SBVH 방식은, 바운딩 박스의 중점을 최소화하기 위해, 프리미티브를 분할하여, 양쪽 바운딩 박스에 포함되도록 분할하는 방식이다.
- [0135] 비교예 3은 OSAH(Occlusion Surface Area Heuristic) 방식을 이용하여, 가속 구조를 생성한 예이다. OSAH 방식은 특정 시점에서의 가시성 정보를 추가적으로 적용하여, 가시성이 있는 프리미티브를 루트 노드(root node)에 가깝게 위치시키도록 하는 분할 방식이다.
- [0136] 실시예 1은 본 발명의 실시예에 따라 공간을 분할하여, 가속 구조를 생성한 예이다.
- [0137] 표 1을 참조하면, 실시예 1은 비교예 1에 대비하여, 시점 1에서는 40.6%의 연산량 감소율을 나타내고, 시점 2에서는 30.80%의 연산량 감소율을 나타낸다.
- [0138] 또한, 표 1을 참조하면, 시점 1 및 시점 2에서, 비교예 2 및 비교예 3의 연산량 감소율보다 실시예 1의 연산량 감소율이 큰 것을 알 수 있다.
- [0139] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 가속 구조 생성 방법에 의해 생성된 가속 구조는 TRV 유닛 및 IST 유닛에서의 연산량을 감소시킬 수 있으며, 레이 트레이싱 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0140] 상기와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 레이 트레이싱 시스템에서의 가속 구조 탐색 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 인터넷을 통한 전송 등과 같은 캐리어 웨이브의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 프로세서가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [0141] 또한, 이상에서는 본 발명의 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사

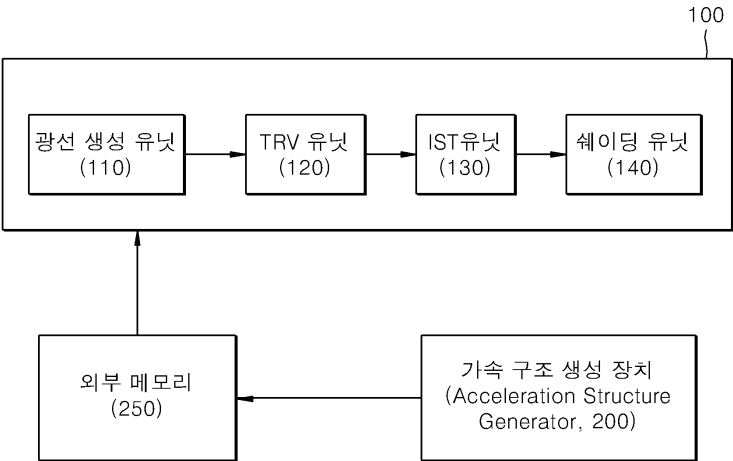
상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

도면

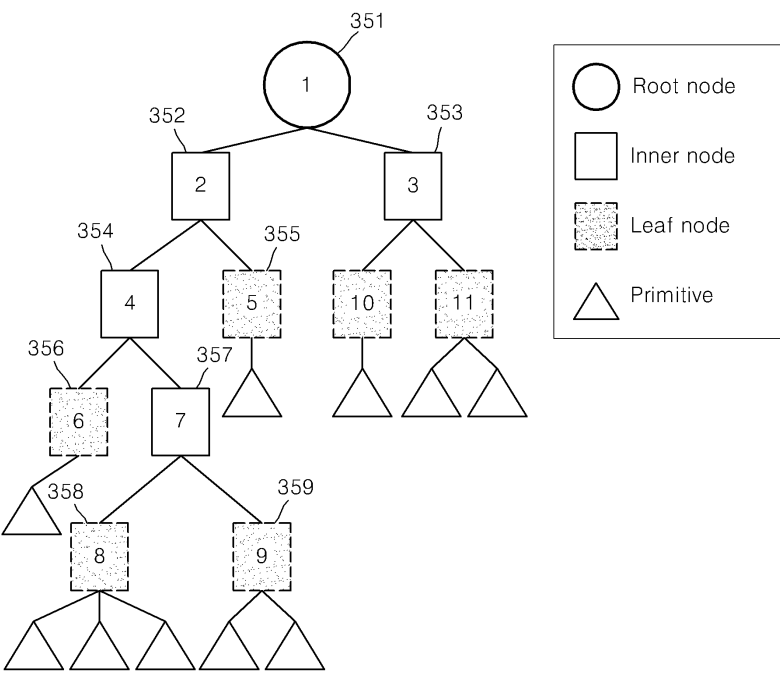
도면1



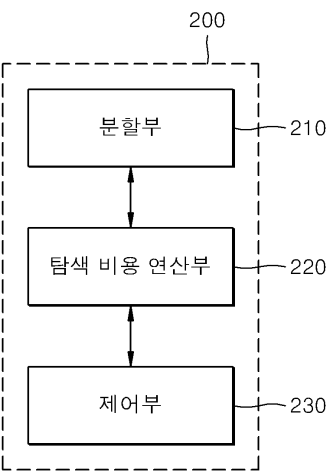
도면2



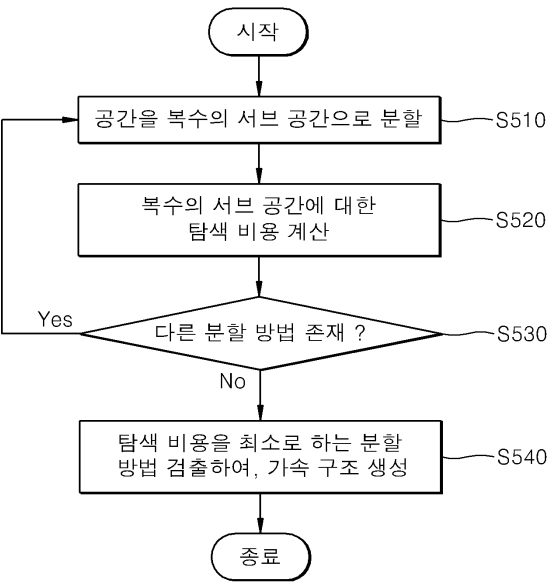
도면3



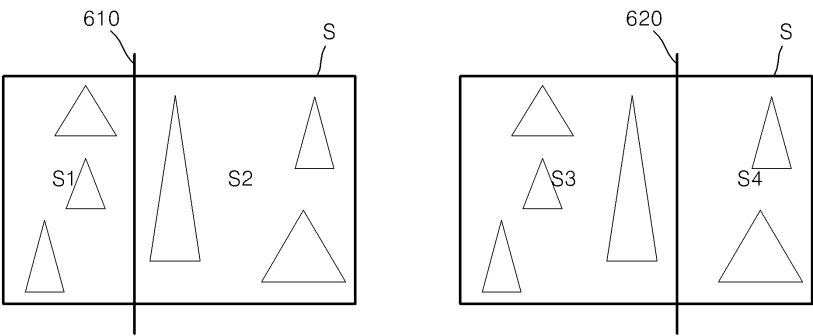
도면4



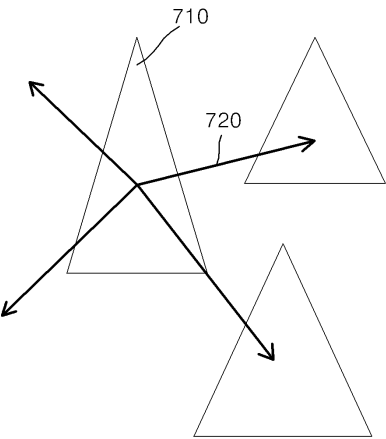
도면5



도면6



도면7



도면8

