



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.

G06T 15/00 (2006.01)

G06T 17/00 (2006.01)

G06T 1/00 (2006.01)

G06F 19/00 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0121799

(43) 공개일자 2006년11월29일

(21) 출원번호 10-2006-0111284

(22) 출원일자 2006년11월10일

심사청구일자 2006년11월10일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자
신병석
경기 안양시 동안구 갈산동 샘마을한양아파트 114동 402
임석현
서울 서초구 방배1동 888-34 롯데캐슬파크 C-1001

(74) 대리인 김건우

전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 불륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블구조

(57) 요약

본 발명은 불륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블 구조에 관한 것으로서, 셀을 이루는 8개의 복셀에 대하여 상기 8개의 복셀 각각이 투명한지 여부에 따라 그 값이 결정되는 색인 테이블; 및 상기 색인 테이블의 결과 값을 입력 값으로 사용하며, 상기 입력 값에 응답하여 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 출력 값으로 가지는 변-테이블을 포함하는 테이블 구조를 그 특징으로 한다.

특히, 상기 테이블 구조에서 변-테이블은, 상기 각각의 입력 값에 대응하는 어드레스에 대하여, 상기 입력 값에 해당하는 경우에 포함되는 삼각형의 개수에 대한 정보를 포함하는 제1 필드와, 상기 입력 값에 해당하는 경우에 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 각각 포함하는 제2 내지 제13 필드를 포함하며, 다시 상기 제2 내지 제13 필드 각각은, 자신이 대응하는 각각의 변과 관련하여, 상기 변을 구성하는 2개의 꼭지점에 대한 정보를 각각 포함하는 제1 서브필드 및 제2 서브필드와, 상기 변을 구성하는 상기 2개의 꼭지점 중 어느 쪽이 투명한지 여부를 나타내는 제3 서브필드를 포함하는 것을 그 특징으로 한다.

본 발명에 따른 방법을 사용할 경우, 투명 셀들 중 모든 샘플점들이 투명한 영역에만 속하는 경우에도 도약을 가능하게 하여, 영상의 화질 저하 없이도 렌더링 속도를 향상시킬 수 있다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

화소(pixel)로부터 가상의 광선을 발사시킨 후, 상기 광선이 투명 셀(transparent cell; 3차원 픽셀인 복셀(voxel) 8개로 구성되는 큐브(cube) 구조를 셀(cell)이라 하며, 셀을 이루는 8개의 복셀이 모두 투명한 경우를 투명 셀이라고 함)에 놓이면 도약하고, 상기 광선이 불투명 셀(nontransparent cell; 셀을 이루는 8개의 복셀이 모두 불투명한 경우를 불투명 셀이라고 함)이나 반투명 셀(semi-transparent cell; 투명한 복셀과 불투명한 복셀이 모두 존재하는 경우를 반투명 셀이라고 함)에 놓이면 현재 샘플점이 실제로 사용자가 원하는 물체의 표면이나 내부에 있는지 정확히 판단하기 위해 리샘플링 필터(resampling filter)를 이용하여 밀도 값을 추정하는 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블 구조로서,

셀을 이루는 8개의 복셀에 대하여 상기 8개의 복셀 각각이 투명한지 여부에 따라 그 값이 결정되는 색인 테이블, 및

상기 색인 테이블의 결과 값을 입력 값으로 사용하며, 상기 입력 값에 응답하여 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 출력 값으로 가지는 변-테이블

을 포함하되,

상기 변-테이블은, 상기 각각의 입력 값에 대응하는 어드레스에 대하여,

상기 입력 값에 해당하는 경우에 포함되는 삼각형의 개수에 대한 정보를 포함하는 제1 필드와,

상기 입력 값에 해당하는 경우에 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 각각 포함하는 제2 내지 제13 필드

를 포함하며,

상기 제2 내지 제13 필드 각각은, 자신이 대응하는 각각의 변과 관련하여,

상기 변을 구성하는 2개의 꼭지점에 대한 정보를 각각 포함하는 제1 서브필드 및 제2 서브필드와,

상기 변을 구성하는 상기 2개의 꼭지점 중 어느 쪽이 투명한지 여부를 나타내는 제3 서브필드

를 포함하는 것을 특징으로 하는 테이블 구조.

청구항 2.

제1항에 있어서,

셀을 구성하는 12개의 변 중에서 상기 변형된 마칭큐브 알고리즘에서 고려할 필요가 없는 변에 대응하는 필드에는 -1의 값을 설정하는 것을 특징으로 하는 테이블 구조.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 제1 필드는, 마칭큐브에서 몇 번째 경우에 해당하는지를 저장함으로써, 포함되는 삼각형의 개수에 대한 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 테이블 구조.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블 구조에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 볼륨 렌더링 기법 중 표면 렌더링 기법에 사용되고 있는 마칭큐브 방법을 직접 볼륨 렌더링 기법 중 하나인 볼륨 광선 투사법에 적용하기 위하여 변형하고, 이에 따라 기존의 마칭큐브 방법에 최적화된 테이블 구조를 변경하여 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형한 마칭큐브 방법에 최적화된 테이블 구조에 관한 것이다.

볼륨 렌더링(volume rendering) 기법은 볼륨 데이터(volume data)로부터 의미 있는 정보를 추출하여 가시화(visualization)하는 기법이다. 볼륨 데이터는 복셀(voxel, volume element)로 표현할 수 있으며, 8개의 복셀로 구성되는 큐브(cube) 구조를 셀(cell)이라 한다. 셀 중에서 셀을 구성하는 8개의 모든 복셀이 투명한 경우를 투명 셀(transparent cell)이라고 하며, 8개의 모든 복셀이 불투명한 경우를 불투명 셀(nontransparent cell)이라고 한다. 또한 셀을 구성하는 8개의 복셀 중 투명한 것과 불투명한 것이 모두 존재하는 셀을 반투명 셀(semi-transparent cell)이라고 한다. 도 1은 반투명 셀의 예를 2차원 평면으로 보여주고 있다. 도 1에 도시된 바와 같이, 반투명 셀은 투명한 영역과 불투명한 영역을 모두 포함하고 있다.

볼륨 렌더링 기법에는 크게 표면 렌더링(surface rendering) 기법과 직접 볼륨 렌더링(direct volume rendering) 기법이 있다. 마칭큐브(Marching Cubes) 방법은 표면 렌더링 기법 중 대표적인 방법으로서, 볼륨 데이터를 메시(mesh) 형태로 표현하는 방법이다. 마칭큐브 방법에 대해서는 아래에서 보다 상세하게 설명하기로 한다. 직접 볼륨 렌더링 기법은 볼륨 데이터를 메시 형태로 재구성하지 않고 직접 렌더링하는 기법으로서, 가장 대표적인 방법으로는 볼륨 광선 투사법(volume ray casting)이 있다.

볼륨 광선 투사법은 화소(pixel)로부터 가상의 광선을 발사한 후, 상기 광선이 투명 셀에 놓이면 도약하고, 상기 광선이 불투명 셀이나 반투명 셀에 놓이면 현재 샘플점이 실제로 사용자가 원하는 물체의 표면이나 내부에 있는지 정확히 판단하기 위해 리샘플링 필터(resampling filter)를 이용하여 밀도 값을 추정하는 방법이다. 리샘플링 필터로서 볼륨 광선 투사법에서 많이 사용되는 것은 삼선형 보간법(trilinear interpolation)이다. 이는 일곱 번의 선형 보간으로 구성되어 있기 때문에 정확한 밀도 값을 계산할 수는 있지만 계산량이 많아서 속도가 느리다는 문제점이 있다.

또한, 직접 볼륨 렌더링 기법들로서 기존에 제안되었던 공간도약기법(space-leaping algorithm)들은 투명 셀에 대해서는 빠르게 도약하여 렌더링 처리 속도를 높일 수 있지만, 반투명 셀에 대해서는 투명한 영역과 불투명한 영역이 동시에 존재하고 있으므로 샘플점이 투명한 영역에 속하는지 불투명한 영역에 속하는지 알 수 없어서 불투명한 셀과 동일하게 리샘플링 필터를 이용하여 밀도 값을 추정할 수밖에 없었다. 그러나 반투명 셀들 중에서도 도 1에 도시된 바와 같이 모든 샘플점들이 투명한 영역에만 속하여 도약을 통해 렌더링 처리 속도를 높일 수 있는 경우가 있지만, 종래의 공간도약기법들에서는 이것이 불가능하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 볼륨 렌더링 기법 중 표면 렌더링 기법에 사용되고 있는 마칭큐브 방법을 변형하여 직접 볼륨 렌더링 기법 중 하나인 볼륨 광선 투사법에 적용함으로써, 전술한 경우와 같이 반투명 셀들 중 모든 샘플점들이 투명한 영역에만 속하는 경우에 도약을 통해 렌더링 처리 속도를 높일 수 있는 방법을 제안하며, 이를 위해 기존의 마칭큐브 방법에 최적화되어 있는 테이블 구조를 변경하여 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형한 마칭큐브 방법에 최적화되도록 한 테이블 구조를 제안하는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른, 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블 구조는,

화소로부터 가상의 광선을 발사시킨 후, 상기 광선이 투명 셀에 놓이면 도약하고, 상기 광선이 불투명 셀이나 반투명 셀에 놓이면 현재 샘플점이 실제로 사용자가 원하는 물체의 표면이나 내부에 있는지 정확히 판단하기 위해 리샘플링 필터를 이용하여 밀도 값을 추정하는 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법용 테이블 구조로서,

셀을 이루는 8개의 복셀에 대하여 상기 8개의 복셀 각각이 투명한지 여부에 따라 그 값이 결정되는 색인 테이블, 및

상기 색인 테이블의 결과 값을 입력 값으로 사용하며, 상기 입력 값에 응답하여 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 출력 값으로 가지는 변-테이블

을 포함하되,

상기 변-테이블은, 상기 각각의 입력 값에 대응하는 어드레스에 대하여,

상기 입력 값에 해당하는 경우에 포함되는 삼각형의 개수에 대한 정보를 포함하는 제1 필드와,

상기 입력 값에 해당하는 경우에 상기 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보를 각각 포함하는 제2 내지 제13 필드를 포함하며,

상기 제2 내지 제13 필드 각각은, 자신이 대응하는 각각의 변과 관련하여,

상기 변을 구성하는 2개의 꼭지점에 대한 정보를 각각 포함하는 제1 서브필드 및 제2 서브필드와,

상기 변을 구성하는 상기 2개의 꼭지점 중 어느 쪽이 투명한지 여부를 나타내는 제3 서브필드

를 포함하는 것을 그 특징으로 한다.

이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명에 따른 실시예에 대하여 상세하게 설명하기로 한다.

도 2a는 종래의 볼륨 광선 투사법에 따른 플로어차트를 나타내는 도면이다. 도 2a에 도시된 바와 같이, 종래의 볼륨 광선 투사법에 따르면, 먼저 화소로부터 가상의 광선을 발사시킨 후(s110), 투명 셀들에 대해서는 공간 도약을 하고(s120), 투명 셀이 아닌 셀을 만나면 삼선형 보간을 하여 해당 샘플점이 투명한지 불투명한지를 결정한다(s130). 해당 샘플점이 투명한 경우에는 다음번 샘플점으로 이동하지만(s170), 불투명한 경우에는 셰이딩 및 누적을 하게 되며(s140), 만약 불투명도가 1.0이 되면(s150에서 '예') 색상값을 반환하게 된다(s160). 단계 s150에서 불투명도가 1.0이 아니면, 즉 '아니오'이면 다음번 샘플점으로 이동하게 된다(s170).

도 2b는 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법에 따른 플로어차트를 나타내는 도면이다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법은 기본적으로 종래의 볼륨 광선 투사법과 동일한 단계들을 포함한다(도 2a와 2b에서 대응하거나 동일한 단계들은 동일한 참조번호로서 표시함). 다만, 투명 셀들에 대하여 공간 도약 후(s120), 바로 삼선형 보간을 통해 해당 샘플점이 투명한지 여부를 결정하는 것이 아니라, 샘플점과 육면체(현재 조사하고자 하는 샘플점을 포함하는 셀에 대하여, 마칭큐브 방법을 이용하여 생성되는 모든 삼각형들을 둘러싸고 있는 육면체 구조를 지칭함)와의 인-아웃 검사를 통해 해당 샘플점이 육면체 내부에 있는지(즉, 불투명 영역에 있는지), 육면체 외부에 있는지(즉, 투명 영역에 있는지)를 결정하여(s180), 만약 해당 샘플점이 육면체 외부에 있는 경우에는 삼선형 보간 없이 바로 다음번 샘플점으로 이동하여(s190) 볼륨 렌더링의 처리 속도를 향상시킨다. 단계 s180에서 해당 샘플점이 육면체 내부에 있다고 판단된 경우에는 종래의 볼륨 광선 투사법에서와 마찬가지로 삼선형 보간을 통해 해당 샘플점이 투명한지 여부를 결정하게 된다.

도 3은 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법에 따라 반투명 셀 내에서 리샘플링 단계의 필요 여부를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 실제로는 3차원적으로 도시하여야겠지만, 이해의 편의를 돕기 위해 2차원적으로 도시하였다. 도 3을 참조해 보면, 샘플점 s1은 투명 셀에 놓여 있기 때문에 기존의 공간도약기법에 따라 도약을 통해 진행할 수 있다(도 2b의 단계 s120). 광선이 s2, s3, s4, s5와 같은 반투명 셀에 놓이게 되면 육면체 영역과의 인-아웃 검사를 통하여 리샘플링 필터의 적용 여부를 판단하게 된다. 샘플점 s2, s3, s4는 육면체 밖에 샘플점이 놓이기 때문에 이들은 리샘플링 과정 없이 바로 다음번 샘플점으로 이동하게 된다(도 2b의 단계 s180 및 s190). 이에 반해 샘플점 s5는 육면체 내부에 샘플점이 놓여 있기 때문에 리샘플링 필터를 적용하여 해당 샘플점이 투명 영역에 속하는지 불투명 영역에 속하는지 추가로 판단할

필요가 있게 된다(도 2b의 단계 s180 및 s130 내지 s170). 이상 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의하면, 반투명 셀의 샘플점들 중 육면체 외부에 존재하여 투명 영역에 속하는 것이 확실한 샘플점들에 대해서는 추가의 조사 없이 바로 다음번 샘플점으로 도약할 수 있게 하여 처리 속도의 향상을 가능하게 한다.

다음으로, 도 4 내지 7을 참조하여, 기존의 마칭큐브 방법과 본 발명에서 새롭게 제안되는 변형된 마칭큐브 방법을 비교하여 설명하기로 한다.

마칭큐브 방법은 볼륨 렌더링 기법 중 표면 렌더링 기법의 대표적인 기법으로서, 단일값-표면(복셀 사이에 상태 변화가 일어나는 경계점을 연결하면 다각형이 생성되는데, 연속적으로 생성된 다각형들의 집합이 구성하는 표면을 단일값-표면이라고 함)을 빠르게 근사적으로 추출하는 방법이다. 마칭큐브 방법은 육면체(큐브)를 구성하는 인접한 8개의 복셀을 하나의 셀로 생각하고, 볼륨을 구성하는 각 셀에 대하여 다각형을 생성한다. 셀 각각의 상태는 8개의 복셀이 안쪽에 속하는지 바깥쪽에 속하는지 여부에 따라 총 256가지 경우로 표현될 수 있는데, 이를 대칭성을 고려하여 15가지 경우로 줄이고, 다각형 생성 방법을 15개의 인덱스를 갖는 참조 테이블로 만들어 고속으로 표면을 생성하는 방법이 바로 마칭큐브 방법이다. 도 4는 기존의 마칭큐브 방법에서 사용되는 다각형 생성 방법의 15가지 경우를 나타내는 도면이다.

도 5는 기존의 마칭큐브 방법에서 사용되는 테이블의 구조를 나타내는 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 기존의 마칭큐브 방법에서는 색인 테이블(index table; 도 5의 상부에 위치한 테이블)과 변 테이블(edge table; 도 5의 우하부에 위치한 테이블)이라는 2개의 테이블을 이용한다. 색인 테이블은 셀을 구성하는 8개의 복셀 각각에 대응하는 8비트로 구성되는데, 8개의 복셀 각각의 밀도 값의 투명도에 따라 대응하는 비트가 0 또는 1로 되며, 그 값에 따라 변 테이블에서의 색인을 결정할 수 있는 구조로 되어 있다. 이와 같은 테이블들의 자료구조는 생성되는 삼각형들의 기하정보를 저장하고 있기 때문에 기존의 마칭큐브 방법을 위해서는 매우 최적화되어 있는 구조이다. 하지만 본 발명에 따른 방법은 육면체의 교차점만을 빠르게 계산하는 것이 필요하기 때문에 기존의 테이블 구조를 변경할 필요가 있는바, 이하에서 도 6 및 7을 참조하여 본 발명의 필요에 따라 변형된 마칭큐브 방법 및 여기에 사용되는 테이블 구조를 설명하기로 한다.

도 4를 다시 참조하면, 기존의 마칭큐브 방법은 모두 15가지의 다각형 생성 방법을 사용하고 있다. 그러나, 본 발명에 따라 변형된 마칭큐브 방법에서는 이들 15가지 방법 모두를 사용할 필요는 없는 바, 제외할 필요가 있는 경우들은 다음과 같다. 첫 번째 경우는, 삼선형 보간이 일곱 번의 선형 보간으로 구성되어 있다는 점에 착안하여, 마칭큐브로 생성된 삼각형들을 둘러싸고 있는 육면체를 생성할 때의 선형 보간의 개수가 일곱 번 이상인 경우를 제외한다. 왜냐하면, 선형 보간의 개수가 일곱 번 이상이면 이 방법을 적용하는 것이 오히려 속도를 저하시킬 수도 있기 때문이다. 도 4에서의 경우 7, 10 및 13이 이러한 경우에 해당하는데, 이들은 각각 9번, 8번, 12번의 선형 보간을 필요로 한다. 두 번째 경우는, 마칭큐브로 생성된 삼각형들을 둘러싸고 있는 육면체가 전체 셀을 덮고 있는 경우를 제외한다. 왜냐하면, 이 경우에는 육면체와 샘플점과의 인-아웃 검사 결과가 항상 육면체 영역 내부에 샘플점이 들어 있는 것으로 되기 때문이다(즉, 항상 삼선형 보간을 해야 하는 것으로 나타나기 때문이다). 도 4에서의 경우 9, 11 및 14가 이 경우에 해당한다. 마지막으로 세 번째 경우는 도 4에서의 경우 0을 제외한다. 왜냐하면, 이 경우에는 기존의 공간도약기법으로 이미 도약한 후이기 때문이다. 이상 설명한 세 가지 경우를 제외한, 본 발명에 따른 볼륨 광선 투사법에 사용할 마칭큐브의 8가지 경우의 다각형 생성 방법을 도 6에 도시한다. 도 6에서 회색으로 표시한 부분은 생성된 육면체를 나타낸다. 본 발명에 따른 마칭큐브 방법에서는, 다각형 생성 방법에서 고려되어야 할 경우의 수만 달라지는 것이 아니라, 사용하는 테이블의 구조도 달라진다. 본 발명의 필요에 따라 변경된 테이블의 구조에 대해서 도 7을 참조하여 아래에서 설명하기로 한다.

도 7은 본 발명에 따라 변형된 마칭큐브 방법에 적합하도록 변경된 테이블의 구조를 나타내는 도면이다. 도 7에 도시되어 있지는 않지만, 본 발명에 맞게 변경된 테이블 구조에서도 도 5에 도시된 것과 동일한 색인 테이블을 사용한다. 즉, 본 발명에 맞게 변경된 테이블 구조에서도, 셀을 구성하는 8개의 복셀 각각에 대응하는 8비트로 구성되어 8개의 복셀 각각의 밀도 값의 투명도에 따라 대응하는 비트가 0 또는 1로 되며, 그 값에 따라 변 테이블에서의 색인을 결정할 수 있는 구조의 색인 테이블을 사용한다. 본 발명에 맞게 변경된 테이블 구조가 기존의 테이블 구조와 차이가 나는 점은, 도 7에 도시된 바와 같이 13개의 필드(field)로 구성된 변 테이블을 사용한다는 것이다. 13개의 필드 중 제1 필드에는 색인 테이블의 값에 해당하는 경우에 포함되는 삼각형의 개수에 대한 정보가 저장되는데, 도 7에 도시된 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 정보 중 마칭큐브에서 몇 번째 경우에 해당하는지가 저장된다(마칭큐브에서 몇 번째 경우에 해당하는지 알면 그 경우에 포함되는 삼각형의 개수에 대해서도 알 수 있다). 예컨대, 색인 테이블의 값이 1이면 경우 1에 해당하므로 제1 필드에는 '1'의 값이, 색인 테이블의 값이 30인 경우에는 경우 12에 해당하므로 제1 필드에는 '12'의 값이 저장된다. 본 발명에 따른 방법에서는, 사용되지 않는 경우에 대해서는 제1 필드에 '-1'의 값이 저장되며, 이 경우 도 2b에서 바로 단계 s130으로 진행하여 삼선형 보간을 수행하게 된다. 13개 필드의 나머지 12개의 필드에는 셀을 구성하는 12개의 변에 대한 정보가 저장되는데, 이들은 각각 다시 3개의 서브필드(subfield)를 포함한다. 3개의 서브필드는, 해당 변을 구성하는 2개의 꼭지점에 대한 정보(예컨대, 육면체의 교차점의 위치)를 각각 포함하고 있는 제1 및 제2 서브필드, 해당 변을 구성하는 2개의 꼭지점 중 어느 쪽이 투명한지 여부(즉, 육면체의 방향 정보)를 나타내는 제3 서브필드로 구성된다.

본 발명에 따른 일 실시예에서, 제1 및 제2 서브필드에는 꼭지점에 대한 정보 중 육면체의 교차점의 위치에 대한 복셀의 위치를 저장하는데, 이는 본 방법에서는 삼각형들의 기하정보가 아닌 교차점의 위치 정보가 필요하기 때문이다. 또한, 제3 서브필드에는 육면체의 방향 정보가 저장되는데, 이는 제1 및 제2 서브필드만을 가지고는 양 복셀 사이에 교차점이 존재한다는 것만 알 수 있을 뿐, 양 복셀 중 왼쪽 복셀로부터 교차점 사이에 육면체가 존재하는지, 오른쪽 복셀로부터 교차점 사이에 육면체가 존재하는지는 알 수 없기 때문이다.

예를 들기 위해, 도 6의 경우 1에 대하여 살펴보기로 한다. 경우 1은 변 0, 4 및 8에 교차점을 가지는 육면체 1개를 생성하게 된다. 먼저, 변 0에 대해 살펴보면, 해당 변은 복셀 0과 1로 구성되며, 복셀 0으로부터 교차점 사이에 육면체를 형성한다. 도 7에서 색인 테이블의 값 1에 해당하는 행의 변 0에 대한 정보를 살펴보면 (0, 1, 0)으로 되어 있는데, 이는 해당 변이 복셀 0과 1로 구성되며 육면체는 왼쪽 복셀로부터 교차점 사이에 형성된다('0'으로 표시함)는 것을 의미하는바, 이는 앞서 살펴본 경우 1의 변 0과 일치한다. 마찬가지로, 경우 1의 변 4의 경우는 해당 변이 복셀 0과 2로 구성되며, 복셀 0으로부터 교차점 사이에 육면체가 형성되는데, 이는 도 7의 색인 테이블의 값 1에 해당하는 행의 변 4에 대한 정보 (0, 2, 0)이 의미하는 바와 일치한다. 경우 1의 변 8은 물론, 나머지 경우들 각각에 대해서도 마찬가지로 과정으로 테이블의 값이 결정되게 된다.

예외적인 경우로서, 각각의 축에 위치하는 교차점이 두 개 이상이고, 제3 서브필드의 값이 같을 경우(즉, 육면체의 방향이 일치할 경우), 생성되는 모든 삼각형들을 둘러싸고 있는 육면체를 생성해야 하기 때문에 최대값과 최소값을 고려해야 한다. 이 경우, 제3 서브필드가 '0'이면 동일 축의 두 개 이상의 교차점 중 최대값을, 제3 서브필드가 '1'이면 최소값을 선택한다. 또 다른 예외적인 경우로서 육면체 영역이 셀의 특정 축을 모두 덮고 있는 경우를 고려할 수 있는데, 이 경우에는 별도로 고려될 필요가 없기 때문에 서브필드에 (-1, -1, -1)을 설정한다.

실험 및 결과

본 발명에 제안하는 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형된 마칭큐브 방법 및 이를 위해 제안된 테이블 구조의 유효성을 입증하기 위한 실험이 AMD사의 애슬론 64x2™ 4200+ 중앙처리장치(Athlon 64x2™ 4200+ CPU)와 2GB의 주메모리를 탑재한 PC를 사용하여 수행되었다. 실험 데이터는 모두 여섯 가지를 사용하였으며, 크기는 아래 표 1에 표시된 바와 같다.

【표 1】

데이터	크기	데이터	크기
머리	512 × 512 × 450	엔진	512 × 512 × 512
뇌동맥	512 × 512 × 512	주전자	512 × 512 × 356
치아	512 × 512 × 322	분재	512 × 512 × 512

본 발명에 따른 방법은 반투명 셀들을 선택적으로 도약하여 가속화하기 위한 방법이기 때문에 빈공간을 효과적으로 도약하기 위한 기존의 공간도약기법이 필요하다. 이를 위해서 거리맵 자료구조와 계층적 최대-최소 옥트리 자료구조를 사용하였다. 표 2는 시점을 고정한 후, 본 발명에 따른 방법을 사용할 경우 렌더링 속도의 향상률을 백분율(%)로 표시한 것이다.

【표 2】

	머리	뇌동맥	치아	엔진	주전자	분재	평균
경우 1	18.8	23.0	21.5	20.5	22.0	24.1	22
경우 2	16.8	19.6	18.1	18.9	20.1	21.7	19

표 2에서 경우 1은 공간도약기법으로서 거리맵 자료구조를 사용한 경우이고, 경우 2는 계층적 최대-최소 옥트리를 사용한 경우이다. 표 2에서 확인할 수 있는 바와 같이, 본 발명에 따른 방법을 사용할 경우 기존의 방법에 비해 약 20% 정도의 속

도 향상이 가능하였다. 또한, 본 발명에 따른 방법의 적용 전후의 영상의 화소 값들을 비교해본 결과 차이가 없었음을 확인할 수 있었는데, 이는 본 발명에 따른 방법에 의하여 영상의 화질 저하가 없었음을 의미한다. 결론적으로, 본 발명에 따른 방법을 사용할 경우, 영상의 화질 저하 없이도 렌더링 속도를 향상시킬 수 있었다.

이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 볼륨 렌더링 기법 중 표면 렌더링 기법에 사용되고 있는 마칭큐브 방법을 변형하여 직접 볼륨 렌더링 기법 중 하나인 볼륨 광선 투사법에 적용하고, 이를 위해 기존의 마칭큐브 방법에 최적화된 테이블 구조를 변경하여 볼륨 광선 투사법에 맞도록 변형한 마칭큐브 방법에 최적화된 테이블 구조를 제안함으로써, 반투명 셀들 중 모든 샘플점들이 투명한 영역에만 속하는 경우에도 도약을 통해 렌더링 처리 속도를 향상시킬 수 있으며, 이 경우 화질의 저하도 발생시키지 않는다.

도면의 간단한 설명

도 1은 반투명 셀의 예를 2차원 평면으로 보여주는 도면.

도 2a는 종래의 볼륨 광선 투사법에 따른 플로어차트를 나타내는 도면.

도 2b는 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법에 따른 플로어차트를 나타내는 도면.

도 3은 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법에 따라 반투명 셀 내에서 리샘플링 단계의 필요 여부를 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면.

도 4는 기존의 마칭큐브 방법에서 사용되는 다각형 생성 방법의 15가지 경우를 나타내는 도면.

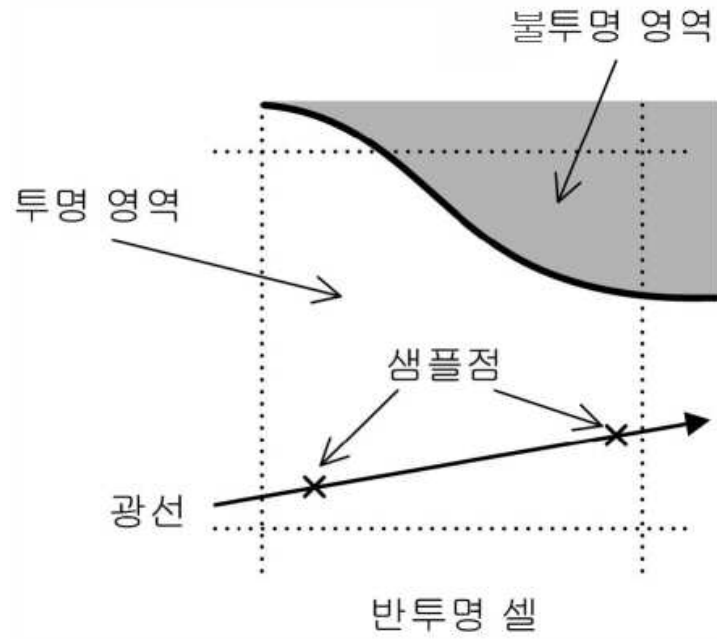
도 5는 기존의 마칭큐브 방법에서 사용되는 테이블의 구조를 나타내는 도면.

도 6은 기존의 마칭큐브 방법에서 사용되는 다각형 생성 방법 중 본 발명에서 제안하는 볼륨 광선 투사법에 필요한 경우에 해당하는 8가지 경우만을 나타내는 도면.

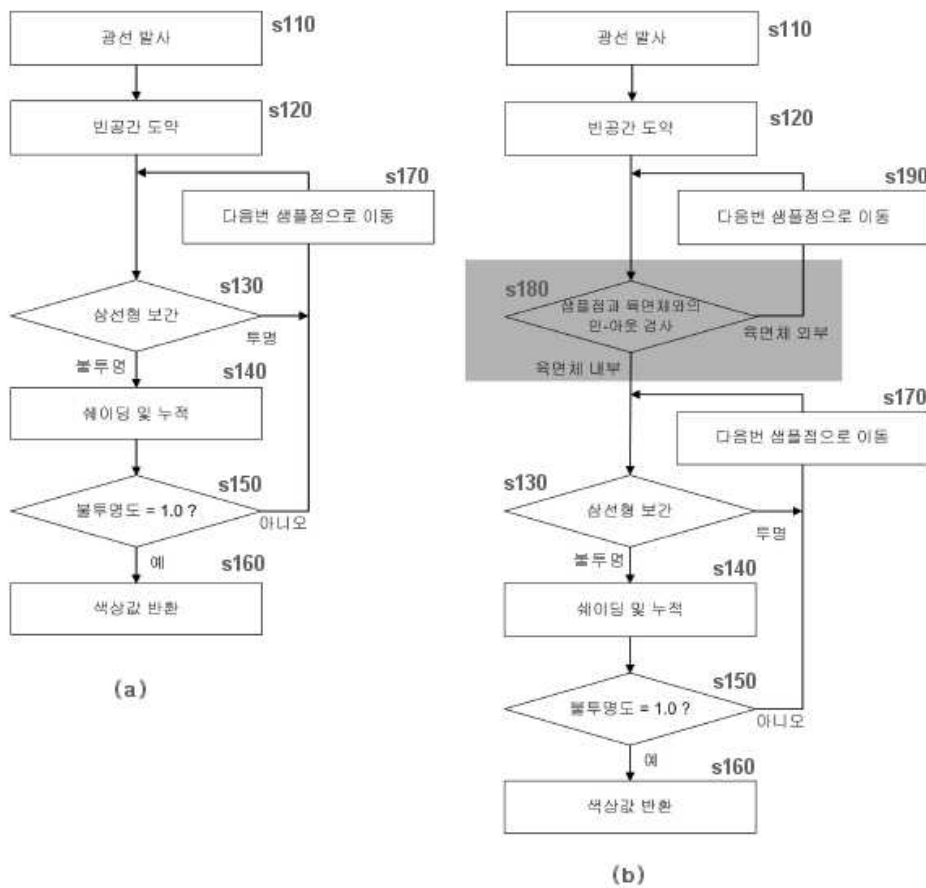
도 7은 본 발명에 따라 변형된 마칭큐브 방법에 적합하도록 변경된 테이블의 구조를 나타내는 도면.

도면

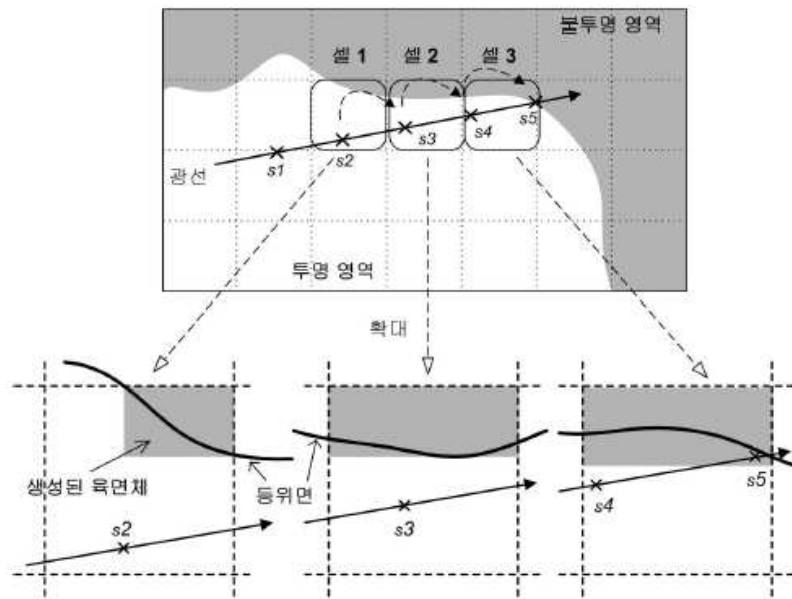
도면1



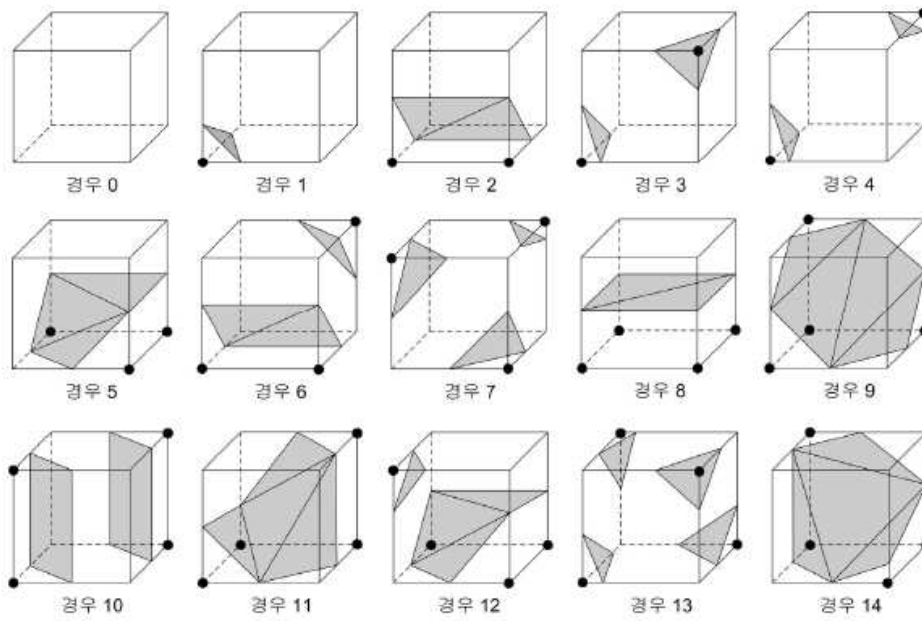
도면2



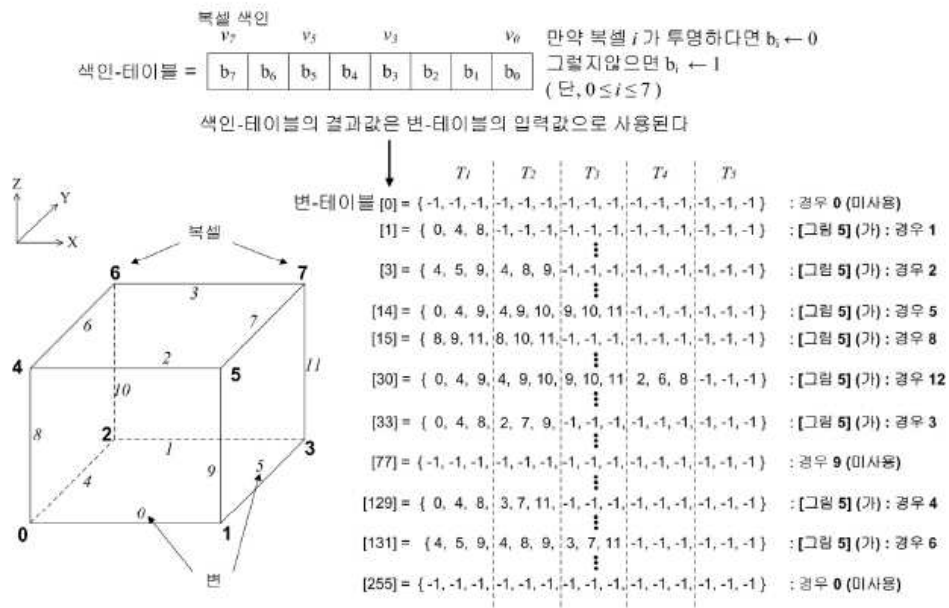
도면3



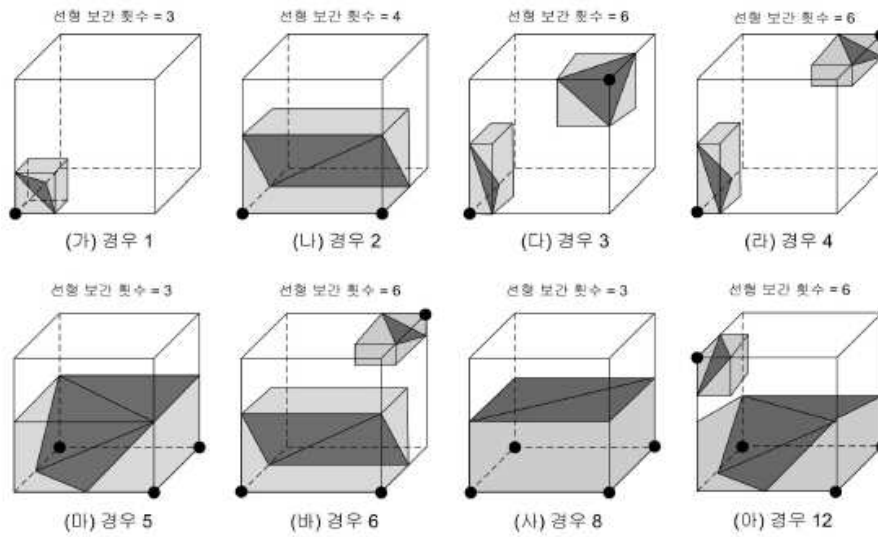
도면4



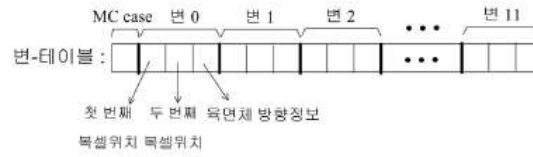
도면5



도면6



도면7



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
번-대이블 [0] = {	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
[1] = {	1, 0, 1, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 2, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 4, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
[3] = {	2, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 2, 0	1, 3, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 4, 0	1, 5, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
[14] = {	5, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	1, 5, 0	2, 6, 0	3, 7, 0	
[15] = {	8, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 4, 0	1, 5, 0	2, 6, 0	3, 7, 0	
[30] = {	12, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	4, 5, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	4, 6, 0	-1, -1, -1, -1,	0, 4, 1	1, 5, 0	2, 6, 0	3, 7, 0	
[33] = {	3, 0, 1, 0	-1, -1, -1, -1,	4, 5, 1	-1, -1, -1, -1,	0, 2, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	5, 7, 0	0, 4, 0	1, 5, 1	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
[77] = {	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
[129] = {	4, 0, 1, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	6, 7, 1	0, 2, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	5, 7, 1	0, 4, 0	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	3, 7, 1	
[131] = {	6, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	0, 2, 0	1, 3, 0	-1, -1, -1, -1,	5, 7, 1	0, 4, 0	1, 5, 0	-1, -1, -1, -1,	3, 7, 1	
[255] = {	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	-1, -1, -1, -1,	
	X-축				Y-축				Z-축				