

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0071553 (43) 공개일자 2014년06월12일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G06T 17/10 (2006.01)		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(21) 출원번호 10-2012-0134060 (22) 출원일자 2012년11월23일 심사청구일자 없음		(72) 발명자 정창성 서울 노원구 노원로 214, 6동 905호 (하계동, 삼익선경아파트) 조성업 서울 성북구 삼선교로 73-10, 401호 (삼선동4가) 최기영 서울 성북구 보문로 61, 603호 (보문동7가)
		(74) 대리인 특허법인이지

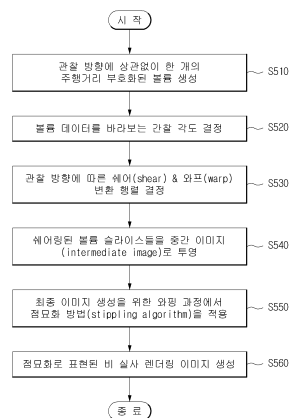
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 웨어 스큐 와프 볼륨 렌더링 방법

(57) 요약

최적화된 웨어 와프 볼륨 렌더링 방법이 제공된다. 본 발명의 실시예에 따른 웨어 스큐 와프 볼륨 렌더링 방법은 관찰 방향에 무관한 한 개의 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 생성하는 단계, 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계, 상기 결정된 관찰 각도에 기반한 웨어 변환 행렬과 와프 변환 행렬을 결정하는 단계, 상기 웨어 변환 행렬을 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터에 적용하여 얻어진 웨어링된 볼륨 슬라이스를 중간 이미지로 투영하는 단계 및 상기 중간 이미지에 상기 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NIPA-2012-H0301-12-3006

부처명 지식경제부

연구사업명 대학IT연구센터육성지원사업

연구과제명 소셜 미디어 서비스를 위한 클라우드 플랫폼 및 응용서비스 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 건국대학교산학협력단

연구기간 2012.01.01 ~ 2012.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

쉐어 와프 볼륨 렌더링 방법에 있어서,
 관찰 방향에 무관한 한 개의 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 생성하는 단계;
 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계;
 상기 결정된 관찰 각도에 기반한 쉐어 변환 행렬과 와프 변환 행렬을 결정하는 단계;
 상기 쉐어 변환 행렬을 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터에 적용하여 얻어진 쉐어링된 볼륨 슬라이스를 중간 이미지로 투영하는 단계; 및
 상기 중간 이미지에 상기 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 최종 이미지를 생성하는 단계는,
 상기 중간 이미지에 점묘화 알고리즘(stippling algorithm)을 적용하는 단계; 및
 상기 점묘화 알고리즘이 적용되어 점묘화로 표현된 비 실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터의 생성에 앞서,
 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터 생성의 대상이 되는 렌더링을 위한 전체 볼륨 데이터의 사이즈를 줄이는 다운 샘플링 단계;가 더 수행되는 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,
 상기 최종이미지를 생성하는 단계는,
 상기 중간 이미지에 대하여 업 스케일링을 적용하는 단계;
 푸아송 디스크 샘플에 해당하는 픽셀에 대해서만 점묘화 방법을 적용하는 단계; 및
 상기 점묘화 방법이 적용된 픽셀 중 상기 중간 이미지의 가장자리(edge)에 해당하는 부분에 실루엣 라인을 부가하여 비 실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 5

쉐어 와프 볼륨 렌더링 방법에 있어서,
 관찰 방향에 따라 3개의 집적된 주행거리 부호화된 볼륨 데이터를 생성하는 단계;
 상기 집적된 주행거리 부호화된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계;
 관찰 방향에 따른 쉐어(shear) 변환 행렬 및 와프(warp) 변환 행렬을 결정하는 단계;

상기 주행거리 부호화된 볼륨 데이터에 상기 셰어 변환행렬을 적용하여 얻어진 셰어링된 볼륨 슬라이스를 중간 이미지로 투영하는 단계; 및

상기 중간 이미지에 상기 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계;를 포함하는 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 볼륨 렌더링 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 셰어 와프 볼륨 렌더링 방법 개선한 셰어 스큐 와프 볼륨 렌더링 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 볼륨 렌더링(volume rendering) 기법은 볼륨 데이터(volume data)로 구성된 3차원 물체 내부를 가시화(visualization)하기 위해 개발된 모형화 기법이다. 볼륨 렌더링 기법에는 표면 렌더링(surface rendering) 기법과 직접 볼륨 렌더링(direct volume rendering) 기법이 있다.

[0003] 마칭 큐브(marching cube) 방법은 표면 렌더링 기법 중 대표적인 방법으로서, 볼륨 데이터를 메시(mesh) 형태로 표현하는 방법이다. 직접 볼륨 렌더링 기법은 볼륨 데이터를 메시 형태로 재구성하지 않고 직접 렌더링 하는 기법으로서, 대표적인 방법으로는 볼륨 광선 투사법(volume ray casting)이 있다. 직접 볼륨 렌더링 기법 중 또 다른 방법인 셰어 와프 분해(shear warp factorization) 방법은 S/W기반(CPU 기반)의 직접 볼륨 렌더링 가속화 기법 중 가장 속도가 빠른 방법 중의 하나이다.

[0004] 셰어 와프 분해 방법은 관찰 방향(viewing axis)에 따라 볼륨 데이터를 셰어링(shearing) 시킨 후, 셰어링된 데이터를 수직 광선으로 투영, 렌더링 하여 중간영상(intermediate image)을 생성하고, 이 중간영상을 와핑(warping)함으로써 원래 각도의 최종 볼륨 영상을 만들어내는 볼륨 렌더링 방법이다. 이러한 셰어 와프 분해 방법의 볼륨 렌더링에 관한 상세 내용은 Philippe G. Lacroute 등이 작성한 논문 “Fast Volume Rendering Using a Shear-Warp Factorization of the Viewing Transformation”을 참조할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 셰어 와프 방법은 볼륨 데이터를 바라보는 3가지 방향 각각에 대해서 서로 다른 3개의 주행거리 부호화된 볼륨(run-length-encoded volume)을 만들어서 사용해야 하기 때문에, 메모리 사용량이 증가하고, 선 처리(preprocessing) 과정에서 많은 시간이 소요되는 문제점을 안고 있다. 또한 주행거리 부호화된 볼륨(run-length-encoded volume)은 원본 볼륨 데이터를 압축해서 만들어지기 때문에 압축을 푸는 과정에서 데이터 손실이 발생하고, 이로 인해 결과 영상의 품질이 저하되는 문제점도 발생하게 된다. 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 셰어 와프 방법의 렌더링 속도는 유지 또는 향상 시키면서 상술한 문제점들을 해결할 수 있는 볼륨 렌더링 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 셰어 와프 볼륨 렌더링 방법은 관찰 방향에 무관한 한 개의 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 생성하는 단계, 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계, 상기 결정된 관찰 각도에 기반한 셰어 변환 행렬과 와프 변환 행렬을 결정하는 단계, 상기 셰어 변환 행렬을 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터에 적용하여 얻어진 셰어링된 볼륨 슬라이스를 중간 이미지로 투영하는 단계 및 상기 중간 이미지에 상기 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 최종 이미지를 생성하는 단계는, 상기 중간 이미지에 점묘화 알고리즘(stippling algorithm)을 적용하는 단계 및 상기 점묘화 알고리즘이 적용되어 점묘화로 표현된 비 실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계를 포함할

수 있다.

[0008] 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터의 생성에 앞서, 상기 거리주행 부호화된 볼륨 데이터 생성의 대상이 되는 렌더링을 위한 전체 볼륨 데이터의 사이즈를 줄이는 다운 샘플링 단계가 수행될 수 있다.

[0009] 상기 최종이미지를 생성하는 단계는,

[0010] 상기 중간 이미지에 대하여 업 스케일링을 적용하는 단계, 푸아송 디스크 샘플에 해당하는 픽셀에 대해서만 점묘화 방법을 적용하는 단계 및 상기 점묘화 방법이 적용된 픽셀 중 상기 중간 이미지의 가장자리(edge)에 해당하는 부분에 실루엣 라인을 부가하여 비 실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 다른 실시예에 따른 셰어 와프 볼륨 렌더링 방법은 관찰 방향에 따라 3개의 집적된 주행거리 부호화된 볼륨 데이터를 생성하는 단계, 상기 집적된 주행거리 부호화된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계, 관찰 방향에 따른 셰어(shear) 변환 행렬 및 와프(warp) 변환 행렬을 결정하는 단계, 상기 주행거리 부호화된 볼륨 데이터에 상기 셰어 변환행렬을 적용하여 얻어진 셰어링된 볼륨 슬라이스를 중간 이미지로 투영하는 단계 및 상기 중간 이미지에 상기 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 셰어 와프 방법을 간소화하여 렌더링 과정에서 필요한 계산량을 줄이고, 영상의 품질이 저하되는 문제점을 발생시키는 에일리어싱(aliasing)의 시각적 효과를 감쇄시킬 수 있다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 속도는 유지 하면서 결과적으로 영상의 질을 향상 시키고, 볼륨 개체(object)의 개략적인 형태를 실시간으로 제시할 수 있는 미리보기 기능을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 셰어 와프 분해 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 3은 리샘플링 에러 발생의 일례를 나타낸 도면이다.

도 4는 주행거리 부호화 방식과 집적된 주행거리 부호화를 비교하여 나타낸 것이다.

도5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 6은 각 관찰 방향에 따른 볼륨 데이터의 탐색 방법의 일례를 도시한 것이다.

도 7 및 도 8은 스캔라인이 대각선의 형태를 가질 때 불투명한 복셀을 건너뛰는 방법의 문제점 및 해결방법을 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법의 나타낸 흐름도 이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0016] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0017] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가

아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0019] 셰어 와프 분해 방법은 관찰 방향(viewing axis)에 따라 볼륨 데이터를 셰어링(shearing) 시킨 후, 셰어링된 데이터를 수직 광선으로 투영, 렌더링 하여 중간영상(intermediate image)을 생성하는 과정을 거친다. 이때 중간영상은 실제 투영 평면의 영상과 달리 왜곡되어 있으므로 최종 결과 영상을 얻기 위해서 와핑(warping)을 해 주어야 한다. 따라서, 셰어 와프 분해 방법은 셰어와 와핑의 두 과정으로 나누어 처리하게 된다. 셰어 와프 분해 방법에서 볼륨 데이터의 선 처리(preprocessing) 과정에서 미리 도시될 복셀(voxel)들을 결정하여 주행 거리 부호화(run-length-encoding) 하고, 이후, 렌더링 단계에서는 부호화된 볼륨데이터를 셰어 와프 분해 방법을 이용하여 도시하게 된다.

[0020] 셰어 와프 분해 방법은 볼륨 데이터를 바라보는 3가지 방향 각각에 대해서 서로 다른 3개의 주행거리 부호화된 볼륨을 만들어서 사용해야 하기 때문에, 메모리 사용량이 증가하고, 선 처리 과정에서 많은 시간이 소요되는 문제점을 안고 있다. 또한 주행거리 부호화된 볼륨은 원본 볼륨 데이터를 압축해서 만들어지기 때문에 압축을 푸는 과정에서 데이터 손실이 발생하고, 이로 인해 결과 영상의 품질이 저하되는 문제점도 발생하게 된다. 이하 상술한 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 볼륨 렌더링 방법을 구체적인 실시예와 더불어 설명한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 볼륨 렌더링 방법은 압축된 볼륨 데이터를 별도로 생성해 주행거리 부호화된 볼륨에 포함시키는 대신, 원본 볼륨 데이터를 직접 사용한다. 원본 볼륨 데이터를 사용함에 따라, 데이터 손실을 없애고 결과 영상의 품질이 저하되는 문제점을 해결하며, 동시에 메모리 사용량 및 선 처리 과정에서 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 주행 거리 부호화된 볼륨의 구성을 최적화하여 종래 방법의 렌더링 속도를 유지하면서 셰어 와프 분해 방법의 절차를 간소화하여 렌더링 과정에 필요한 계산량을 줄일 수 있다.

[0022] 도 1은 셰어 와프 분해 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0023] 관찰자가 볼륨을 바라보는 방향은 총 6가지(u^+ , u^- , v^+ , v^- , w^+ , w^-) 이다. 불투명도를 이용하여 렌더링 될 데이터를 미리 결정하는 주행거리 부호화된 볼륨은 관찰 방향에 따라 각각 6가지가 필요하지만, $+$, $-$ 방향은 저장소를 역으로 읽어오는 방식이 적용될 수 있으며, $+$, $-$ 방향은 같은 주행거리 부호화된 볼륨을 사용할 수 있다. 따라서 총 3가지의 주행거리 부호화된 볼륨을 선 처리 과정에서 생성한다(S110). 주행거리 부호화된 볼륨이 생성되면, 해당 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 방향을 결정하고(S120) 그에 따른 셰어와 와프 변환 행렬을 구한다(S130). 이 후 셰어링된 볼륨 슬라이스들을 중간 이미지로 투영하는데(S140), 전체 슬라이스의 복셀이 아닌 주행거리 부호화된 볼륨을 투영함으로써 처리 속도를 향상 시킨다. 셰어링된 볼륨 슬라이스들을 투영한 중간이미지는 왜곡되어 있으므로 와핑 과정(중간 이미지에 와프 변환 행렬을 적용)을 통해 최종 결과 영상을 얻는다(S150).

[0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 관찰 방향에 따라 각각 세 개의 집적 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 단계(S210), 생성된 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계(S220), 관찰 방향에 따른 셰어(shear) 및 와프(warp)변환 행렬을 결정하는 단계(S230), 셰어링된 볼륨 슬라이스들을 중간 이미지로 투영하는 단계(S240) 및 중간 이미지에 와프 변환 행렬을 적용하여 최종 이미지를 생성하는 단계(S250)를 포함한다.

[0026] 도 2의 볼륨 렌더링 방법을 도 1의 방법과의 차이점을 중심으로 설명하면, S210의 관찰 방향에 따라 각각 세 개의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 과정에서 집적된(integrated) 주행거리 부호화된 볼륨을 생성한다는 점이다.

[0027] 주행거리 부호화(run-length-encoding)는 슬라이스의 스캔 라인들 동시에 두 줄씩 가로지르면서 연속적으로 불투명한 복셀들을 파악하고 이를 부호화 시키는 방법이다. 이 과정에서 두 개의 이웃한 주행거리 부호화를 바탕으로 불투명한 복셀들만 따로 모아 저장하는데 이것이 압축된 오페이크 복셀(compressed-opaque-voxel)이다. 이 주행거리 부호화 과정과 압축된 오페이크 복셀을 합한 것이 주행거리 부호화된 볼륨이다.

[0028] 렌더링 시에 주행거리 부호화된 볼륨의 정보를 바탕으로 이 압축된 오페이크 복셀을 이용하여 불투명한 픽셀들은 렌더링하지 않고 건너뛰으로써 렌더링 속도를 향상 시킬 수 있다. 이 주행거리 부호화된 볼륨을 이용해서 중

간 이미지에 투영을 할 때 이선형 보간법을 사용할 수 있다. 이를 위해 압축을 푸는 과정에서 압축된 오페이크 복셀에 포함되지 않은 투명한 복셀들의 값이 모두 0이 되어 리샘플링 에러(resampling error)가 발생한다. 도 3은 리샘플링 에러 발생의 일례를 나타낸 도면이다.

[0029] 본 발명의 실시예 따르면, 도 3의 예와 같은 오류를 방지하기 위하여 주행거리 부호화된 볼륨을 만드는 과정에서 압축된 오페이크 복셀을 생성하지 않는다. 본 발명의 실시예에 따른 불투명한 픽셀을 건너뛰기 위한 방법은 두 줄의 복셀 스캔라인을 가로지르며 이웃한 4개의 복셀이 모두 투명할 때만 투명한 상태라고 정의하는 집약된 주행거리 부호화 방식을 적용한다. 도 4는 주행거리 부호화 방식과 집약된 주행거리 부호화를 비교하여 나타낸 것이다.

[0030] 압축 과정 및 압축을 푸는 과정이 없는 집약된 주행거리 부호화를 이용하여 초기에 저장된 원본 볼륨 데이터를 직접 접근함으로써 종래의 압축된 오페이크 복셀을 사용했을 때 발생하는 리샘플링 에러를 줄일 수 있으며, 결과적으로 보다 양질의 이미지를 얻을 수 있다.

[0031] 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 선 처리 과정에서 3개의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 대신 1개의 주행거리 부호화된 볼륨만을 생성하여 볼륨 렌더링에 이용할 수 있다. 이러한 방법은 메모리 사용량 및 선 처리 과정에 소요되는 시간을 효과적으로 감소시킬 수 있다. 1개의 주행거리 부호화된 볼륨을 사용해 3가지 방향의 결과 영상을 모두 만들어 내고, 셰어 와프(shear-warp) 알고리즘(algorithm)에서 사용되는 가속화 기법을 사용할 수 있도록 하기 위해서 스큐 변환(skew-transform)이 사용될 수 있으며, 렌더링 속도의 향상을 위해 이선형 보간법(bilinear-interpolation)을 대신 하여 최근거리 픽셀 맵핑(mapping-to-nearest-pixel) 기법을 적용할 수 있다.

[0032] 이에 더하여, 결과 영상에 점묘화(stippling) 기법을 적용하여 영상의 질을 향상시킬 수 있다. 이선형 보간법을 대신하여 대신 최근거리 픽셀 맵핑(mapping-to-nearest-pixel) 기법이 적용되었을 때 들쭉날쭉한 톱날형의 에일리어싱(aliasing) 현상으로 영상의 품질이 저하될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 비사실적 렌더링(non-photorealistic rendering) 기법중의 하나인 점묘화(stippling) 기법을 결과 영상에 적용해 에일리어싱의 시각적 효과를 감쇄시킬 수 있다.

[0033] 도5는 상술한 실시예의 주요 과정을 나타낸 흐름도이다.

[0034] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 관찰 방향에 무관한 하나의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 단계(S510), 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계(S520), 관찰 방향에 따른 셰어 및 와프 변환 행렬을 결정하는 단계(S530), 셰어링된 볼륨 슬라이스들을 중간 이미지로 투영하는 단계(S540), 최종 이미지 생성을 위한 와핑 과정에서 점묘화 방법을 적용하는 단계(S550) 및 점묘화로 표현된 비실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계(S560)를 포함한다.

[0035] 도 5에 도시한 렌더링 방법을 도 1에 도시된 렌더링 방법과의 차이점을 중심으로 설명하면, 관찰 방향에 따라 각각 세 개의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하던 것을 한 개의 주행거리 부호화된 볼륨만 생성한다(S210)는 차이점이 있다. 일반적으로 볼륨 데이터는 1차원 배열에 저장 되는데 주행거리 부호화된 볼륨을 만들기 위해서 모든 복셀을 탐색하는 가장 빠른 방법은 배열의 저장 순서로 방문하는 것이다. 따라서 선 처리 시간을 최소화하기 위해 한 개의 주행거리 부호화된 볼륨은 +w, -w 방향으로 생성한다. 하나의 주행거리 부호화된 볼륨만으로 세 가지 방향의 결과 영상을 만들기 위해서는 각 관찰 방향에 따라 볼륨 데이터를 탐색하는 방법(traversal scheme)을 다르게 하여 이루어 낼 수 있다. 도 6은 각 관찰 방향에 따른 볼륨 데이터의 탐색 방법의 일례를 도시한 것이다. 그러나 +u, -u 방향의 경우 셰어링된 슬라이스의 스캔라인이 도 7에서와 같이 대각선의 형태 때문에 불투명한 복셀을 건너뛰는 방법을 사용할 수 없으므로 이를 수평하게 보정하기 위한 수식 1과 같은 스큐변환(skew-transform)행렬이 적용될 수 있다.

수학식 1

$$M_{shear\ skew} = M_R(\phi)M_{skew}M_{shear}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos(\phi) & -\sin(\phi) & 0 \\ \sin(\phi) & \cos(\phi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & sk_x & 0 \\ sk_y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} M_{shear}$$

[0036]

- [0037] 셰어변환행렬에 의해 셰어링한 후 Φ 만큼 회전을 시켰을 때 x , y 방향으로 각각 sk_x , sk_y 만큼 스큐잉(skewing)시켜 줌으로써 불투명한 복셀을 건너뛰기 위해 슬라이스의 스캔라인을 수평하게 맞춘다. Φ 에 따른 sk_x , sk_y 는 도 8과 같다.
- [0038] $+u$ 및 $-u$ 방향으로의 셰어링은 기울기 값 $m(=sh_y/sh_x = -\tan(\Theta_x)/\sin(\Theta_y))$ 을 가지는 대각선 방향의 픽셀 라인 만 드는데, 이 기울기 값 m 이 $-1 \leq m \leq +1$ 이면 수평한 픽셀라인을 만들기 위해 스큐 변환을 적용하고, $-1 \leq m \leq +1$ 이외의 값이면 수직인 픽셀라인을 만들기 위해 스큐변환을 적용한다. 결과적으로 도 8에서와 같이 8가지의 가능한 경우로 구분지어 불투명한 복셀에 대한 건너뛰기를 가능하게 한다.
- [0039] 이후 중간 이미지로의 투영 과정을 거치는데 본 발명의 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 종래의 이선형 보간법(bilinear interpolation)을 대신하여 최근거리 픽셀 맵핑(mapping to the nearest pixel) 방식을 적용할 수 있다(S540). 샘플링 점들이 중간이미지로 투영되는 과정에서 주변 복셀들의 가중치를 계산 하여 샘플 값을 보간 하지 않고 제일 가까운 복셀 값을 샘플 값으로 결정하여 투영시킬 수 있다. 중간 이미지로부터 최종 이미지로 와핑 하는 과정에서도 이선형 보간법이 아닌 최근거리 픽셀 맵핑(mapping to the nearest pixel) 방식을 적용하여 향상된 렌더링 속도를 얻을 수 있다. 이후, 비실사 렌더링(non-photorealistic rendering) 방법 중 하나인 점묘화(stippling) 기법을 사용하여 톱날 형태의 에일리어싱(aliasing)의 시각적 효과를 감쇄시키는 과정(S560)을 더 포함할 수 있는데, 이러한 과정을 통해 이선형 보간법이 아닌 최근거리 픽셀 맵핑(mapping to the nearest pixel) 방식을 적용함에 따라 발생할 수 있는 왜곡에 의한 영상의 품질 저하 현상을 보완할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 다른 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법은 앞서 도 5와 함께 설명한 볼륨 렌더링 방법을 기반으로 하되, 렌더링 속도 향상을 위하여 다운 샘플링(down-sampling)이 적용될 수 있다. 다운 샘플링은 볼륨 렌더링 하기 위한 볼륨 데이터 자체의 양을 줄이는 방법으로 다운 샘플링을 통해 선 처리 시간과 메모리 사용량을 줄일 수 있다. 또한 셰어 와프 방법은 와핑 과정에서 최종 이미지(final image)의 모든 픽셀에 대해서 중간 이미지(intermediate image)에 대한 역 맵핑(reverse mapping) 과정을 이용해 최종 결과 이미지를 생성한다.
- [0041] 최종 결과 이미지 생성 과정에서 푸아송 디스크 샘플(Poisson disk sample)을 적용하여 역 맵핑을 수행할 픽셀을 선택적으로 만들어 일부 픽셀에 대해서만 와핑 과정을 수행함으로써 효과적으로 렌더링 시간을 단축시킬 수 있다. 이 때 전체 픽셀이 아닌 일부분의 픽셀들만 사용해 렌더링이 이루어지기 때문에 최종 결과 영상의 세부사항(detail)이 감소하게 되는데 이는 점묘화 영상의 에지 부분에 실루엣 라인을 추가함으로써 보완할 수 있다.
- [0042] 도 9는 다른 실시예에 따른 볼륨 렌더링 방법의 나타낸 흐름도 이다.
- [0043] 볼륨 렌더링 방법은 렌더링 하기 위한 전체 볼륨 데이터의 사이즈를 축소하는 다운 샘플링 단계(S910), 관찰 방향에 상관없이 한 개의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 단계(S920), 볼륨 데이터를 바라보는 관찰 각도를 결정하는 단계(S930), 관찰 방향에 따른 셰어 및 와프 변환 행렬을 결정하는 단계(S940), 셰어링된 볼륨 슬라이스들을 중간 이미지로 투영하는 단계(S950), 와핑 과정에서 원본 영상과 같은 크기의 최종 이미지를 얻기 위한 업 스케일링 단계(S960), 와핑 과정에서 푸아송 디스크 샘플에 해당하는 픽셀에 대해서만 점묘화 방법을 적용하는 단계(S970), 점묘화로 표현된 이미지의 에지 부분에 실루엣라인을 보강하여 비실사 렌더링 이미지를 생성하는 단계(S980)를 포함한다.
- [0044] 볼륨 데이터 자체의 양을 줄이는 방법은 선 처리 시간과 메모리 사용량을 줄이고, 렌더링 속도를 더 빠르게 할 수 있는 방법으로 다운 샘플링 방법이 적용될 수 있다. S920 내지 S950의 과정은 도2의 과정과 동일하다. S910에서 다운 샘플링(down-sampling)을 통해 볼륨 데이터의 크기를 줄이면 렌더링된 결과 영상의 크기도 줄어들게 되는데, 이것은 와프변환 행렬에 적절한 스케일링 요소를 추가하여(S960) 원래의 이미지 크기로 복원할 수 있다. 하지만 볼륨 데이터의 크기를 줄여서 렌더링을 하고, 이것을 다시 원래 크기로 확대할 경우 영상에 블러링(blurring)현상이 나타나고 세부적인 특징(detail)이 사라지는 문제점이 발생할 수 있다.
- [0045] 도 9의 볼륨 렌더링 방법은 볼륨 오브젝트의 세부사항을 상세하게 렌더링하기 보다는 개략적인 형태를 표현하는 방법으로, 볼륨 데이터의 크기를 줄이면 결과 영상의 세부적인 특징은 많이 사라질 수 있지만, 전체적인 형태는 크게 변하지 않는 점을 이용한 것이다.
- [0046] 렌더링 속도의 향상을 위하여 와핑과정에서 점묘화 기법을 적용할 때 최종 이미지의 전체 픽셀이 아닌, 일부 픽셀에 대해서 중간 이미지에 대한 역 맵핑(reverse mapping)을 수행한다. 이 때, 역 맵핑을 수행할 픽셀을 선택적으로 만들기 위해서 푸아송 디스크 샘플(Poisson disk sample)을 적용한다(S970). 푸아송 디스크 샘플은 특정

한 최소 거리 사이에 하나 이상의 점이 존재 하지 않는 샘플이다. 즉 점을 중심으로 일정한 지름을 가지는 반경 안에는 또 다른 점이 존재 하지 않는다. 이는 균일한 밀도를 가지는 점들의 집합을 만들 수 있다. 푸아송 디스크 샘플에 대한 자세한 내용은 Dunbar, D. 등이 작성한 “A Spatial Data Structure for Poisson-Disk Sample Generation” 을 참조할 수 있다.

[0047] 본 발명의 실시예에 따르면, 전체 이미지에 대해서 픽셀 값을 계산하고 점묘화로 변환하는 방법 대신, 푸아송 디스크 샘플을 이용해 디스크 샘플이 존재하는 픽셀에 대해서만 점묘화 기법을 적용하는 방법을 사용함으로써 점들의 분포도를 좀 더 균일하게 만들고 또한 렌더링 시간을 보다 효과적으로 단축할 수 있다. 푸아송 디스크 샘플에 해당되는 픽셀에 대해서만 역 맵핑과 점묘화 작업을 수행하면 렌더링 시간은 효과적으로 줄일 수 있지만 이미지의 세부 특징이 많이 사라지는 문제가 발생할 수 있다. 이미지의 세부 특징을 좀 더 보강하고, 볼륨 데이터에 포함된 오브젝트의 형태를 좀 더 명확하게 표현하기 위해서 여기에서는 점묘화 이미지의 에지(edge) 부분에 실루엣 라인(silhouette line)을 추가한다(S980). 선 처리에서 각 복셀의 법선벡터(normal vector)가 이미 계산되고 저장되어 있으므로, 이 법선벡터를 스크린 상에 투영시키고, 이것을 다시 90도 시계(또는 반시계) 방향으로 회전시켜서 에지 부분의 접선벡터(tangent vector)를 얻을 수 있다. 또는 중간 이미지에 SOBEL 필터를 적용하면, 스크린 상에 투영된 법선벡터의 근사값을 얻을 수 있으므로, 이 값을 다시 90도 시계(또는 반시계) 방향으로 회전시켜서 접선벡터로 사용하는 것도 가능하다. 에지부분에 접선벡터 방향으로의 라인 세그먼트(line segment)를 그려주면 실루엣 라인을 얻을 수 있다.

[0048] 도 2의 실시예는 압축된 볼륨 데이터를 별도로 생성해 주행거리 부호화된 볼륨에 포함시키는 대신, 원본 볼륨 데이터를 직접 사용하는 방법을 적용하여 데이터 손실을 없애고 결과 영상의 품질이 저하되는 문제점을 해결하며, 동시에 메모리 사용량 및 선 처리 과정에서 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 종래 방법의 렌더링 속도와 비교할 때, 렌더링 속도의 감소없이 주행거리 부호화된 구성을 최적화 시켜서 리샘플링 에러를 줄여 이미지의 질을 향상시킬 수 있다.

[0049] 도 5의 실시예는 선 처리 과정에서 3개의 주행거리 부호화된 볼륨을 생성하는 대신 하나의 주행거리 부호화된 볼륨만을 생성하여 메모리 사용량 및 선 처리 과정에 소요되는 시간을 감소하고, 렌더링 과정에서 최근거리 픽셀 맵핑을 사용하여 소요되는 렌더링 시간을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

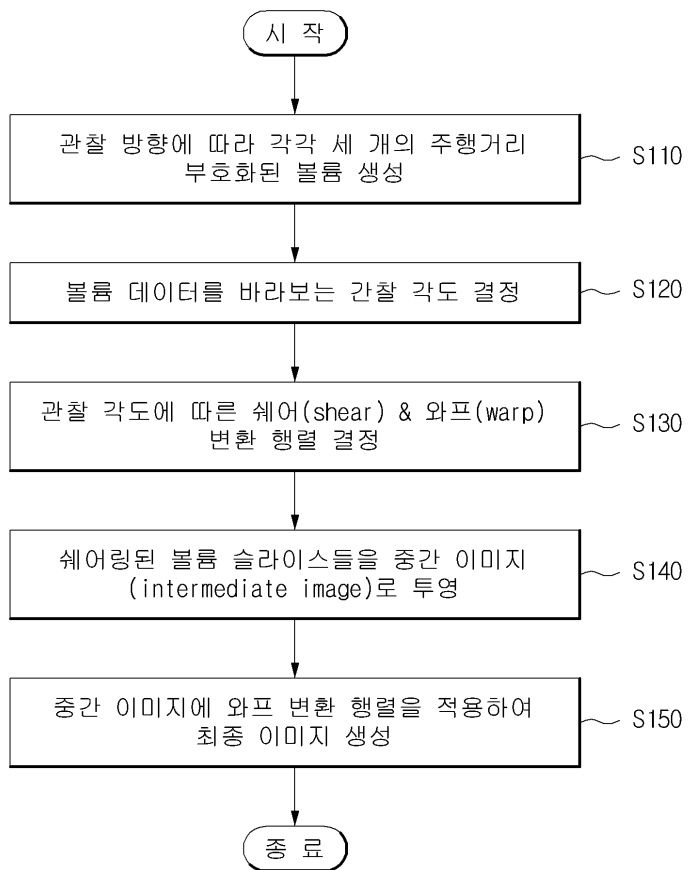
[0050] 도 9의 실시예는 도 5의 실시예를 기반으로 하되 더욱 빠른 렌더링 속도 향상을 위하여 다운 샘플링을 적용하여 볼륨 렌더링 하기 위한 볼륨 데이터 자체의 양을 줄여 선 처리 시간과 메모리 사용량을 줄일 수 있다. 또한 최종 이미지(final image)의 모든 픽셀에 대해서 중간 이미지(intermediate image)에 대한 역 맵핑을 이용하여 최종 결과 이미지를 완성하는 과정에서 푸아송 디스크 샘플을 적용하여 r역 맵핑할 픽셀을 선택적으로 만들어 일부 픽셀에 대해서만 와핑 과정을 수행함으로써 효과적으로 렌더링 시간을 단축시킨다.

[0051] 결과적으로 본 발명의 실시예에 따른 각 볼륨 렌더링 방법은 종래 방법의 렌더링 속도는 유지 하면서 보다 양질의 결과 영상을 얻을 수 있으며, 비실사 렌더링 기법이 적용되는 실시예를 통해 볼륨 개체의 개략적인 형태를 실시간으로 보여주는 미리보기 기능을 제공할 수 있다.

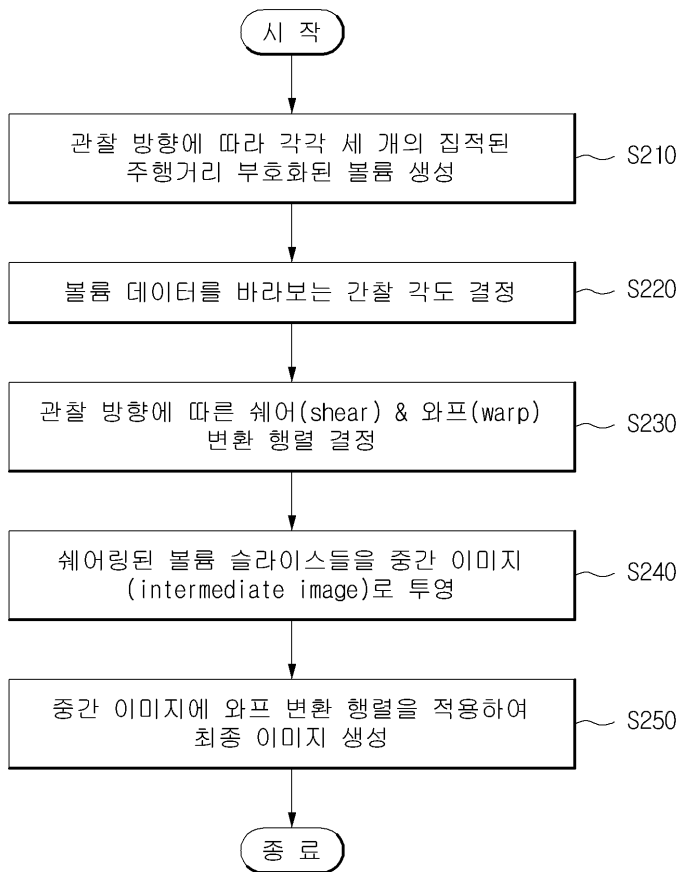
[0052] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

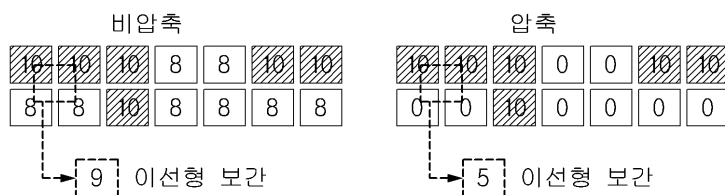
도면1



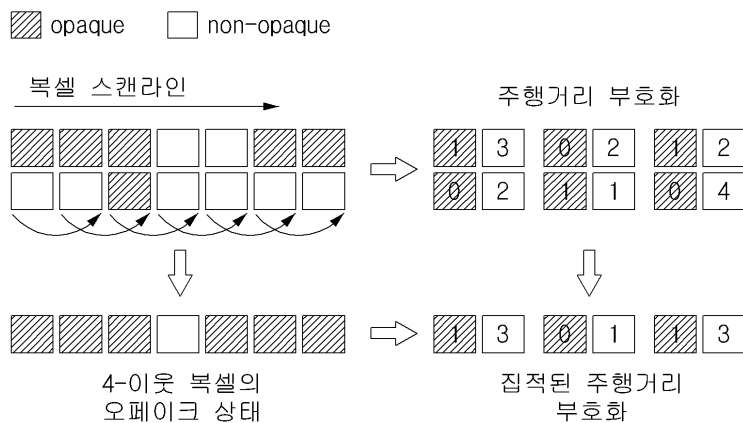
도면2



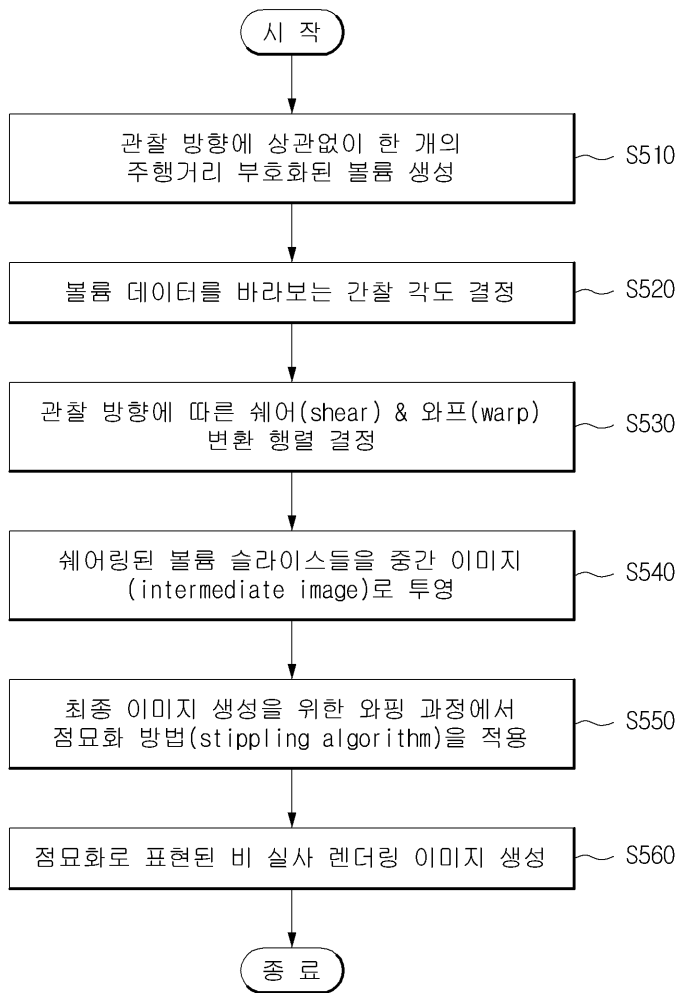
도면3



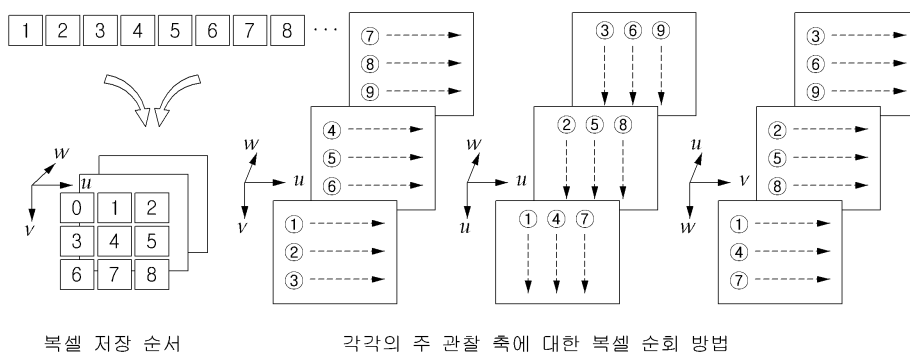
도면4



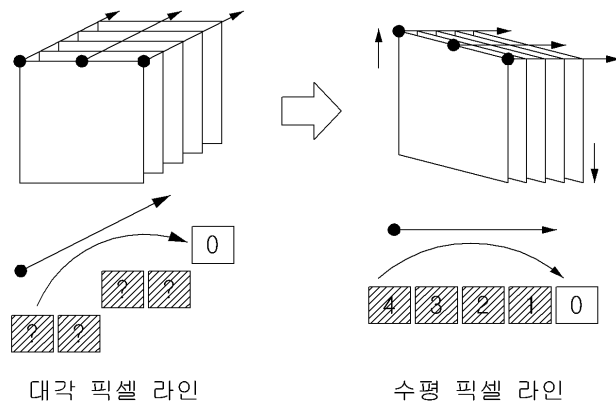
도면5



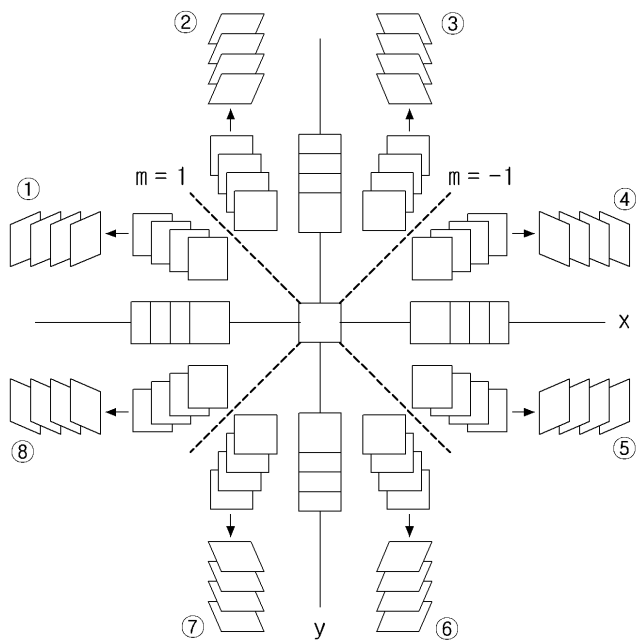
도면6



도면7



도면8



	ϕ	sk_x	sk_y
case ①④⑤⑧	0	0	$\tan(\theta_x)/\sin(\theta_y)$
case ②③	$+\pi/2$	$\sin(\theta_y)/\tan(\theta_x)$	0
case ⑥⑦	$-\pi/2$		

도면9

