(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월02일
(11) 등록번호 10-1467735
(24) 등록일자 2014년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 15/08 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2014-0078014
(22) 출원일자 2014년06월25일
심사청구일자 2014년06월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR101090660 B1*
KR1020100114409 A*
KR1020110103178 A
KR 1020060047905 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
신병석
서울특별시 서초구 방배로 14, 3동 903호(방배동, 임광아파트)
강동수
인천 남구 경인남길 70-4, 201호 (용현동, 새운팔레스)
(74) 대리인
양성보

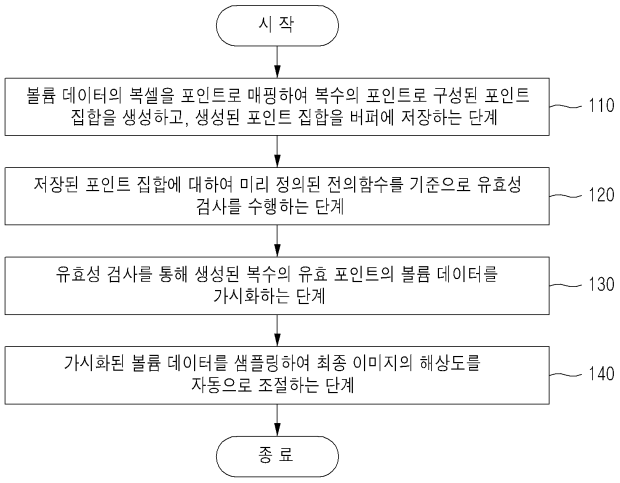
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 조우연

(54) 발명의 명칭 **볼륨데이터를 위한 4차원 실시간 렌더링 방법 및 장치**

(57) 요 약

포인트 기반 볼륨 렌더링 방법 및 장치가 제시된다. 제안하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법은 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계, 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계, 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계, 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링 하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2012M3C4A7032781
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 차세대정보,컴퓨팅기술개발사업
연구과제명 사용자 적응형 MIMO HCI를 위한 지능형 양방향 피드백 인터페이스 연구
기 여 율 1/1
주관기관 인하대학교 산학협력단
연구기간 2012.07.01 ~ 2017.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

포인트 기반 볼륨 렌더링 방법에 있어서,

볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계;

상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계;

상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계; 및

상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링하고, 상기 볼륨 데이터의 분산처리를 통한 공간 분할 렌더링 기법을 통해 상기 볼륨 데이터를 공간 분할하여 상기 복수의 유효 포인트들의 재분배를 수행하고, 분할된 공간의 단위로 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 단계

를 포함하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계는,

볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성하는 단계;

상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성하는 단계; 및

상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계

를 포함하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계는,

상기 버퍼에 저장된 포인트 집합 중 의미 없는 포인트를 삭제하고, 최초 복셀의 수가 작거나 의미 있는 포인트의 수가 적을 경우에는 포인트를 추가하는

포인트 기반 볼륨 렌더링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계는,

그래픽스 파이프라인에 최적화된 투영 방법을 사용함으로써 전체적인 복잡도를 낮추는

포인트 기반 볼륨 렌더링 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

포인트 기반 볼륨 렌더링 장치에 있어서,

볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하는 포인트 생성부;

상기 생성된 포인트 집합을 저장하는 버퍼;

상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 스트림 아웃 버퍼;

상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 영상 출력부; 및

상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링하고, 상기 볼륨 데이터의 분산처리를 통한 공간 분할 렌더링 기법을 통해 상기 볼륨 데이터를 공간 분할하여 상기 복수의 유효 포인트들의 재분배를 수행하고, 분할된 공간의 단위로 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 화질 개선부

를 포함하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 장치.

청구항 7

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 볼륨 렌더링 기법들의 오버헤드를 해결하기 위해 객체 순서 기반의 포인트 프리미티브(point-primitive)를 이용한 4D 볼륨 렌더링 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 GPU장치의 발전으로 3차원 볼륨 렌더링을 확장한 4차원의 볼륨 렌더링 기법의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 의료 영상 분야에서는 4차원의 볼륨 데이터를 실시간에 고화질로 렌더링 하는 것이 필요하다. 기존의 4차원 데이터를 이용한 의료 영상의 가시화는 대부분 표면정보(surface-based) 기반의 가시화 방법을 많이 사용했다. 하지만, 이것은 장기 내부의 해부학적 구조를 표현할 수 없을 뿐만 아니라, 기하 재구성을 위한 추가적인 전처리 시간이 필요하기 때문에 실시간 4D 볼륨 렌더링에는 적합하지 않다. 일반적으로 고화질의 영상을 제공하는 대표적인 3D 볼륨 렌더링 기법에는 레이 캐스팅(ray-casting)이 있다. 하지만 이 방법은 볼륨 데이터를 가시화할 때 매번 갱신되는 전체 볼륨 데이터를 반복적으로 처리해야 하기 때문에 4D 가시화에 적용하기는 어렵다.

[0003] 일반적으로 볼륨 데이터는 크기가 방대하기 때문에 렌더링 시간이 오래 걸린다. 대화식 수준의 볼륨 렌더링을 위해서 최근에는 GPU를 이용한 볼륨 렌더링 가속화 기법들이 활발히 연구되고 있다. 특히, GPU의 정점 쉐이더(vertex shader)와 기하 쉐이더(geometry shader) 그리고 프래그먼트 쉐이더(fragment shader)의 응용을 통해 렌더링 속도를 가속화 할 수 있다.

[0004] 볼륨 렌더링을 가속화하는 기법에는 대표적으로 GPU기반 광선 투사법이 있다. 광선 투사법의 가속화 기법에는 Hong이 발표한 옥트리(octree)기반의 볼륨 렌더링 기법이 있다. 이것은 볼륨을 일정 단위의 브릭(brick)으로 나누고 시점변화에 따라 옥트리를 생성하여 실행시간에 빈 공간 탐색을 효율적으로 한다. 하지만 이 방법은 시점 종속적인 단점이 있다.

[0005] Vincent는 kd-트리 기반의 광선 투사법을 제안하였다. 이것은 전처리 단계에서 불투명도 전의 함수를 기반으로 사전에 kd-트리를 생성하여 유효 노드를 미리 필터링하는 기법이다. 전처리 단계에서 생성한 트리 구조를 통해 렌더링 속도를 향상할 수 있지만, 트리 구조를 저장하기 위한 추가적인 메모리가 필요하고, OTF가 변할 때마다 트리를 재구성해야 하는 문제가 있다.

[0006] Liu는 임의의 구형 기하를 사용한 가속화 기법을 제안하였다. 이 방법은 전처리 시간에 생성한 밉맵(mip-map) 피라미드를 이용하여 관심 있는 복셀을 찾고, 기하 쉐이더를 이용하여 해당 복셀에 일정한 크기의 구를 생성한다. 구는 깊이 맵(depth map)을 통해 각 화소에서 발사된 광선의 시작 위치와 종료 위치를 계산하는데 사용된다. 이것은 광선 투사법에서 관심 영역에 최대한 밀착된 빈 공간 탐색과 광선을 조기종료를 수행할 수 있기 때문에 고속 렌더링이 가능하다. 이러한 고속 볼륨 렌더링 기법들은 4D 볼륨 렌더링 분야에서 시간에 따라 변하는 볼륨 데이터를 가시화하는데 많이 사용된다. 하지만 GPU의 성능향상에도 불구하고, 현재까지 일반 PC상

에서 실시간으로 입력되는 4D 볼륨 데이터를 실시간에 가시화하는 것은 어렵다.

[0007] Shen과 Johnson은 4D 볼륨 데이터를 가시화하기 위해 차등 볼륨 렌더링(differential volume rendering)기법을 제안하였다. 이것은 이전 에 입력된 데이터와 현재 입력된 데이터를 비교하여 변경된 부분만 처리하는 방법을 사용한다. 시간-축에 따라 변화된 복셀을 참조하는 화소에 대해서만 광선 투사를 실시하고, 변하지 않은 복셀을 참조하는 화소에 대해서는 이전 장면에서 계산된 화소의 색상을 재사용한다. Shen과 Ma는 옥트리를 사용한 공간 일관성(spatial coherence)기법을 제안하였다. 이것은 복셀 당 화소의 갱신여부를 모두 계산하지 않고, 팔진 트리 구조로 갱신여부를 검색하여 탐색시간을 줄인다.

[0008] 이후, Shen은 시간과 공간 일관성을 모두 사용할 수 있는 시공간 분할 트리(TSP; Time-space Partitioning Tree)기법을 제안하여 4D 볼륨 데이터 렌더링의 성능과 화질을 개선하였다. 최근에는 GPU 기반의 압축 방법 또는 시공간 일관성을 이용한 4D 볼륨 데이터의 가속화 기법들이 많이 연구되고 있다. 하지만 이들은 기본적으로 광선 투사법을 기반으로 하고 있기 때문에 빈번한 텍스처 참조와 샘플링이 반복되는 누적연산을 볼륨의 시작부터 끝까지 모두 수행해야만 한다. 이것은 좋은 화질과 상당 수준의 속도를 보장하지만 아직까지 실시간 응용에는 적합하지 않다.

[0009] Klajnsek은 광선 투사를 기반으로 하는 방법들에서 나타나는 과도한 연산을 줄이기 위해 객체순서 기반의 차등 스플래팅(differential splatting)기법을 제안하였다. 이것은 2차원의 풋 프린트 커널을 생성하여 변형된 복셀에 대해서만 커널을 이미지 평면에 투영시키는 방식이다. 이 방법은 광선 투사법 기반의 접근방식들 보다는 빠르게 영상을 생성할 수 있지만, CPU에서 이루어지기 때문에 128^3의 데이터에서 약 3fps의 속도를 낼 수 있을 뿐이다. 또한, 직교투영에만 중점을 두었기 때문에 투시투영의 경우 결과영상의 화질이 저하된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 4차원의 볼륨 데이터를 실시간에 고화질로 렌더링 하기 위한 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 또한, 의료 영상의 가시화에 사용되는 표면정보(surface-based) 기반의 가시화 방법에서 장기 내부의 해부학적 구조를 표현할 수 없고, 기하 재구성을 위한 추가적인 전처리 시간이 필요하다는 문제점을 개선하기 위한 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법은 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계, 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계, 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계, 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계는 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성하는 단계, 상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성하는 단계, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계는 상기 버퍼에 저장된 포인트 집합 중 의미 없는 포인트를 삭제하고, 최초 복셀의 수가 작거나 의미 있는 포인트의 수가 적을 경우에는 포인트를 추가할 수 있다.

[0014] 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계는 그래픽스 파이프라이에 최적화된 투영 방법을 사용함으로써 전체적인 복잡도를 낮출 수 있다.

[0015] 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링 하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 단계는 상기 샘플링 된 볼륨 데이터의 화면 분할을 통한 포인트의 재분배 및 상기 분할된 포인트의 점진적 화질 개선을 수행할 수 있다.

[0016] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 장치에 있어서, 볼륨 데이터의 복셀

을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하는 포인트 생성부, 상기 생성된 포인트 집합을 저장하는 버퍼;

[0017] 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 스트림 아웃 버퍼, 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 영상 출력부, 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링 하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 화질 개선부를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 영상 출력부는 그래픽스 파이프라이에 최적화된 투영 방법을 사용함으로써 전체적인 복잡도를 낮출 수 있고, 상기 화질 개선부는 상기 샘플링 된 볼륨 데이터의 화면 분할을 통한 포인트의 재분배 및 상기 분할된 포인트의 점진적 화질 개선을 수행할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 실시예들에 따르면 포인트 단위의 갱신이 가능한 볼륨 렌더링 기법을 제안함으로써 GPU로 전송된 데이터의 재사용률을 높일 수 있다. 또한, 그래픽스 파이프라인에 최적화된 투영(projection) 방법을 사용하여 전체적인 복잡도(complexity)를 낮춤으로서 렌더링 속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 실제 중요한 영역을 자세히 관찰해야 할 경우, 화면 분할을 통한 정점들의 재분배 및 분할된 정점들의 점진적인 화질 개선 방식을 사용하여 고해상도의 영상을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트를 생성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 생성된 포인트들이 뷰 공간에서 하나의 픽셀로 투영되는 방식을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 스크린 공간에서 포인트 간격을 이용하여 스크린 에러 값을 구하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트 기반 볼륨 렌더링 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 심장 또는 폐와 같은 중요 장기의 움직임을 실시간 3차원 가시화하는 것은 최소 침습적 영상추적(image-guided0 수술과 치료 분야에서 중요하다. 하지만, 실제로 많은 연산량으로 인해 실시간 가시화가 어려우며, 화질이 낮아서 실제 중요 장기의 영상을 제대로 보여주지 못한다. 이로 인해 직관적인 해부학적 자료의 제공이 어렵고 실제 필드에서 적용하지 못하는 문제점이 있다. 최근 GPU성능의 크게 향상되었지만, 아직까지 4D 볼륨데이터의 실시간 가시화는 어렵다. 일반적으로 고화질의 영상를 제공하는 광선 투사법(ray-casting) 경우, 매번 갱신되는 볼륨 데이터 전체를 반복적으로 렌더링 해야 하기 때문에 실시간 처리가 어렵다.

[0022] 본 발명에서는 이를 해결하기 위해 점 단위의 갱신이 가능한 포인트 기반의 볼륨 렌더링 기법을 제안한다. 이것은 볼륨 데이터의 복셀(voxel)을 포인트로 매핑(mapping)하고, 매 프레임에서 갱신되는 포인트와 그렇지 않은 포인트를 분류하여 다음 프레임에서는 볼륨데이터의 일부만을 업데이트하는 방법이다. 이것은 GPU로 전송된 데이터의 재사용률을 높일 수 있다. 그리고 그래픽스 파이프라인에 최적화된 투영(projection) 방법을 사용하여 전체적인 복잡도(complexity)를 낮춤으로서 렌더링 속도를 향상시킬 수 있다. 또한, 실제 중요한 영역을 자세히 관찰해야 할 경우, 화면 분할을 통한 정점들의 재분배 및 분할된 정점들의 점진적인 화질 개선 방식을 사용하여 고해상도의 영상을 제공할 수 있다. 이것은 기존 제안되었던 서브픽셀(sub-pixel) 프로세싱을 통해 이미지를 누적하여 이미지 해상도를 높이는 기법과는 다르게 결과 영상의 의미 있는 부분을 보존할 수 있다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0024] 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법은 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계(110), 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행하는 단계(120), 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효

포인트의 볼륨 데이터를 가시화하는 단계(130), 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절하는 단계(140)를 포함할 수 있다.

[0025] 단계(110)에서, 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장할 수 있다.

[0026] 제안하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법의 파이프라인은 우선, 포인트 생성 단계에서 입력된 볼륨 데이터의 복셀 개수만큼 임의의 포인트 리스트를 생성할 수 있다. 이것은 정점 쉐이더에서 수행되며, 반복 없이 한 번의 연산으로 빠르게 처리될 수 있다.

[0027] 단계(110)는 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성하는 단계, 상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성하는 단계, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계를 포함할 수 있다. 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성하고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계를 도 2를 참조하여 더욱 상세히 설명한다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트를 생성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0029] 단계(110)는 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성하는 단계(210), 상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성하는 단계(220), 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계(230)를 포함할 수 있다.

[0030] 단계(210)에서, 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성할 수 있다.

[0031] 단계(220)에서, 상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성할 수 있다.

[0032] 단계(230)에서, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장할 수 있다.

[0033] 다시 말해, 제안하는 방법은 종래기술에 따른 볼륨 렌더링 기법들의 오버헤드를 해결하기 위해 객체 순서 기반의 포인트 프리미티브(point-primitive)를 이용한 4D볼륨 렌더링 기법을 이용할 수 있다. 이것은 기존의 볼륨 스플래팅(splatting)과 달리 특정 형태의 커널(kernel)을 사용하지 않고 단순한 형태의 포인트 프리미티브를 사용한다. 일반적으로 포인트 프리미티브는 스플래팅 커널을 이용할 때 발생하는 추가적인 정점의 개수를 최소화할 수 있다. 그리고 적은 정점들로 이루어진 정점버퍼(vertex buffer)를 이용해 보다 빠르게 영상을 생성할 수 있다.

[0034] 단계(120)에서, 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행할 수 있다. 상기 버퍼에 저장된 포인트 집합 중 의미 없는 포인트를 삭제하고, 최초 복셀의 수가 작거나 의미 있는 포인트의 수가 적을 경우에는 포인트를 추가할 수 있다.

[0035] 제안하는 방법은 기존의 스플래팅 기법에서 사용하는 선-분류 방식과는 달리 렌더링 단계에서 복셀 당 매핑되는 유효 포인트를 GPU상에서 분류할 수 있다. 이것은 불투명도 전이 함수(OTF: Opacity Transfer Function)의 변화에 따른 복셀의 분류를 실시간에 수행 할 수 있다.

[0036] 다시 말해, 기하 쉐이더에서 미리 정해진 불투명도 전이함수에 의해 비투명한 것으로 결정된 포인트 리스트들만을 선별하는 유효성 검사를 수행할 수 있다. 비투명한 포인트들의 집합은 GPU 메모리상의 정점버퍼로 입력될 수 있다. 이것은 정점 쉐이더와 기하 쉐이더에서 반복적 수행되며, 정점버퍼에 저장된 포인트 리스트를 생성하거나 삭제하는 스트림 아웃 피드백 기법이다. 스트림 아웃 피드백 과정은 일반적인 그래픽스 파이프라인을 모두 수행하지 않고 원하는 단계까지만 처리하는 것이 가능하다. 즉, 유효성 검사는 가시화를 위한 포인트 집합을 만들어 내는 과정이기 때문에 마지막 레스터라이즈(rasterize)를 수행하는 프래그먼트 단계를 거치지 않는다. 유효성 검사는 파이프 라인을 끝까지 수행하지 않고 의미 있는 포인트 그룹만을 생성하고 종료하기 때문에 쉐이더 파이프라인을 모두 사용하는 기존의 방법보다 빠르다. 또한, GPU상에서 유효성 검사 과정은 최종적으로 삭제 및 생성된 포인트 리스트들을 의미 있는 단위로 만들고 시간에 따라 변하는 볼륨 데이터를 다른 시간 축에서 재사용하는 것이 가능하다.

[0037] 스트림 아웃(Stream output)의 경우 정점의 추가 삭제가 가능할 뿐만 아니라 기하(geometry) 단계에서 변화된 정점 리스트를 중간에 임시로 메인 메모리상에 저장하는 것이 가능하다. 이것은 사용자가 원하는 형태로 분류된 특정 포인트 리스트들을 따로 저장하는 것이 가능하다는 것을 의미한다. 본 발명에서는 이와 같은 특성을 이용하여 시간에 따라 변하는 볼륨데이터에 대해 정점기반의 재사용 메커니즘을 이용하였다.

[0038] 단계(130)에서, 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화할 수 있다.

[0039] 제안하는 방법은 그래픽스 파이프라이에 최적화된 투영 방법을 사용함으로써 전체적인 복잡도를 낮출 수 있다. 다시 말해, 객체순서 기반의 렌더링 기법들과 같이 그래픽 가속기에 최적화된 투영방식을 사용하기 때문에 참조와 누적을 반복하는 이미지 순서 기반의 기법들보다 렌더링 속도가 빠르다. 또한, 제안하는 방법은 시간에 따라 변하는 영역만을 실행시간에 포인트 프리미티브로 변환하고 나머지 부분은 재사용할 수 있다. 이것은 GPU의 렌더링 파이프라인에서 제공하는 단순한 연산을 통해 가시화할 수 있기 때문에 실시간의 4D 볼륨 렌더링이 가능하다. 매 프레임에서 갱신되는 포인트 프리미티브들과 그렇지 않은 프리미티브들을 분류하여 갱신되지 않는 프리미티브 셋들을 스트림 아웃 버퍼(stream output buffer)에 저장하고, 이렇게 저장된 여러 개의 프리미티브 셋들은 다음 프레임에서 재사용할 수 있다.

[0040] 제안하는 방법은 종래기술에 따른 객체 기반의 볼륨 렌더링 기법과 달리 서브픽셀 프로세싱 과정을 수행하지 않는다. 서브 픽셀 프로세싱은 입력된 하나의 픽셀을 여러 개의 서브픽셀로 중첩시켜 영상의 화질을 향상시킬 수 있다. 하지만 이것은 결국 가우시안 컨볼루션과 같은 형태로 원본 데이터의 내용을 변형하게 된다. 본 발명에서 제안하는 방법은 픽셀 프로세싱이나 후 처리를 하지 않기 때문에 실제 임상에서 진단에 필요한 의미 있는 데이터를 보존할 수 있는 장점이 있다. 하지만 정점의 개수가 많아 질수록 레스터라이즈(rasterize) 단계에서의 병목이 발생하기 때문에 대용량의 데이터를 가시화하는 데는 제한이 있다.

[0041] 이를 보완하기 위해 본 발명에서는 추가적으로 데이터의 분산처리를 통한 분할 렌더링 기법을 적용하였다. 이것은 입력된 전체 볼륨 데이터를 분석하여 하나의 파이프라인에서 처리해야 할 포인트의 수에 따라 특정 크기의 블록으로 데이터를 나누고 각각을 순차적으로 렌더링하는 방법이다. 이처럼 분할 렌더링을 수행할 경우, 전체를 최대 개수의 정점으로 레스터라이즈(rasterize)하는 것 보다 수배 이상 빠른 렌더링 속도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 블록사이즈를 최적화하여 적용할 경우 전체적인 처리시간 또한 줄어든다. 이를 통해, 본 발명에서는 실시간으로 대용량 볼륨데이터를 처리하는 것이 가능하다.

[0042] 단계(140)에서, 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절할 수 있다. 상기 샘플링된 볼륨 데이터의 화면 분할을 통한 포인트의 재분배 및 상기 분할된 포인트의 점진적 화질 개선을 수행할 수 있다.

[0043] 제안하는 방법은 유효 포인트 리스트를 행렬연산을 통해 뷰(view)공간으로 변환시켜 기하 쉐이더 단계를 거치지 않고, 프래그먼트 쉐이더만을 이용하여 투영연산을 수행하고 최종적으로 입력된 볼륨 데이터를 가시화할 수 있다. 이것은 기본적으로 입력된 볼륨데이터의 복셀 개수만큼 정점을 추출하여 사용할 수 있다. 입력된 볼륨 데이터의 정밀도가 높을 경우에는 문제가 없지만, 그렇지 않을 경우 레스터라이즈 할 때 정점 개수의 부족으로 고화질의 영상을 만들지 못할 수 있다.

[0044] 이를 보완하기 위해 본 발명에서는 정점을 뷰 포트 사이즈에 맞도록 점진적으로 증가시켜 이미지 품질을 향상시키는 방법을 제안하였다. 이것은 점진적 화질 개선(progressive refinement)기법으로 입력 데이터의 크기와의 상관관계를 이용하여 정점을 추가하는 방법이다. 이를 통해 이미지 해상도를 수십 배까지 향상시킬 수 있다. 하지만 추가된 정점이 지나치게 많을 경우 그래픽스 파이프라인에서 한번에 처리할 수 있는 프리미티브 개수의 제한으로 렌더링 속도가 급격하게 느려지거나 모든 데이터를 그래픽스 카드에서 처리하지 못해 결과영상에서 일부가 그려지지 않는 문제가 발생할 수 있다. 본 발명에서는 이를 해결하기 위해 공간분할 렌더링 기법을 제안한다. 이것은 single pc에서 대용량(out-of-core) 데이터를 렌더링하기 위한 방법으로 그래픽 카드의 성능에 최적화되도록 레스터라이즈되도록 가시화 영역을 나누어 처리할 수 있다.

[0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 생성된 포인트들이 뷰 공간에서 하나의 픽셀로 투영되는 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[0046] 제안하는 포인트 기반의 볼륨 렌더링 과정은 정점 생성, 유효성검사, compositing, 점진적 화질 개선(progressive refinement) 의 4 단계로 구성될 수 있다. 이때, 각 과정은 모두 GPU에서 수행될 수 있다. 제안

하는 방법은 포인트를 프리미티브 기하(primitive geometry)로 사용하여 볼륨을 가시화할 수 있다. 각각의 포인트는 추출한 복셀의 위치에 따라 주변 값들을 참조하여 위치 값과 복셀에 저장된 특정 불투명도(opacity)값을 저장할 수 있다. 해당 불투명도는 투영(projection)단계에서 블렌딩(blending)을 위한 각 포인트들의 알파(alpha) 값으로 사용될 수 있다.

[0047] 우선, 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 입력된 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성할 수 있다. 해당 과정은 Kotaya가 제안한 방법과 유사하며, 이렇게 생성된 포인트들은 모두 정점버퍼에 저장할 수 있다. 정점 버퍼에 저장된 포인트 집합은 다음 단계에서 사용자에 의해 미리 정의된 전의함수(Transfer Function)를 기준으로 유효성 검사를 거칠 수 있다.

[0048] 유효성 검사는 실제로 그래픽스 파이프라인상에서 스트림 아웃 버퍼를 통해 수행될 수 있다. 스트림 아웃은 최초에 입력된 정점 버퍼에 저장된 정점들을 파이프라인 중간에서 임의로 추가 혹은 삭제 또는 수정할 수 있는 특징을 가질 수 있다. 이것은 특정 조건에 따라 입력된 정점의 변형이 가능하다는 것을 의미하며, 본 발명에서는 이를 이용하여 입력된 불투명도 전이함수를 기준으로 입력된 정점의 삭제를 수행할 수 있다. 정점 추가의 경우 최초에 입력된 복셀의 수가 작거나 유효성 검사를 통해 의미 있는 포인트 개수가 매우 적을 경우, 최종 이미지에서 구멍(hole)이 발생할 수 있기 때문에 이를 고려하여 정점의 개수를 늘려 사용할 수 있도록 한다. 일반적으로 이렇게 정점을 늘리는 것을 정점 증식(Vertex proliferation) 이라고 하며, 본 발명에서는 이런 기능을 응용하여 반복 횟수 당 2^3배씩 정점을 확장할 수 있다. 이렇게 생성된 최종 포인트 집합은 추출된 복셀의 밀도(density)에 따라 해당 정점의 알파 값을 갖질 수 있고, 의미 없는 밀도 값을 갖는 포인트들의 경우는 실제 스트림 아웃 버퍼에서 삭제될 수 있다.

[0049] 이런 과정을 거쳐 생성된 포인트 집합 들은 임시 저장장소인 스트림 아웃 버퍼에 최종적으로 저장될 수 있다. 도 3을 참조하면, 이렇게 저장된 포인트들(310)은 다음 렌더링 패스에서 프레그먼트 쉐이더 단계만을 사용해서도 3 같은 방식으로 레스터라이즈 과정을 거칠 수 있다. 저장된 포인트들(310) 중 하나의 포인트 집합(311)은 하나의 픽셀 P_k(321)로 나타낼 수 있다. 이미지 평면(320)의 하나의 픽셀 P_k(321)은 포인트 집합(311)으로 이루어질 수 있고, S_k(330) 는 이러한 포인트 집합이 투영된 포인트 클라우드를 나타낸다. 가시화하는 데이터는 대부분 반투명한 포인트의 집합이기 때문에 그래픽스 파이프라인에서 제공하는 알파 블렌딩 옵션을 볼륨데이터를 가시화할 수 있다.

[0050] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 스크린 공간에서 포인트 간격을 이용하여 스크린 에러 값을 구하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0051] 본 발명은 이미지 화질을 개선하기 위해 사용자의 시점에 따라 혹은 입력된 4D 볼륨의 상태에 따라 영상의 이미지 해상도를 조절할 수 있는 점진적 화질 개선(progressive refinement) 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 샘플링 한 볼륨 데이터로부터 사상된 포인트들 간의 간격을 기준으로 뷰 포트와의 거리를 이용하여 스크린 공간 에러(screen space error)를 계산할 수 있다. 그리고 이 값을 임계 값(threshold)과 비교하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절할 수 있다.

[0052] 스크린 공간 에러(screen space error)를 계산하는 방법은 도 4와 같이 격자간의 선분(410)을 이미지 평면(420)에 투영하여 투영된 선분(421)과의 기하학적 거리(430)를 계산하고 이를 에러 값으로 사용하여 함수를 이용하여 평가할 수 있다. 평가 방법은 수학식 1과 같다.

[0053]
$$f = \begin{cases} 1 & if \quad \tau > \varepsilon \\ 0 & if \quad \tau \le \varepsilon \end{cases}$$

수학식1

[0054] 여기서 ε는 스크린 공간 에러(screen space error), τ는 미리 정해진 이미지 한 픽셀의 크기로 임계 값, f는 점진적 화질 개선의 진행여부를 판단하는 값이다.

[0055] 예를 들어, ε 값이 τ보다 작을 경우는 최종 영상에 구멍이 발생하는 것으로 판단하고 최종 포인트 엔트리를 다

시 기하 쉐이더로 보내 2^3 개로 정점 증식을 수행할 수 있다. 그리고, ε에 2를 곱하여 다시 에러를 평가할 수 있다. 만약, 이후에도 f 가 1이면, f 가 0을 만족할 때까지 정점 증식을 반복적으로 수행할 수 있다. 정점 증식은 전체 프로세스 중 유효성 검사 수행되었던 단계에서 기하 쉐이더를 통해 진행되며, 임시로 저장되었던 스티림 아웃 버퍼상의 포인트 집합을 이용할 수 있다. 이처럼 해당 과정은 모두 GPU에서 수행이 가능하며, 따라서 수행속도가 빠르다.

[0056] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 포인트 기반 볼륨 렌더링 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0057] 포인트 기반 볼륨 렌더링 장치(500)는 포인트 생성부(510), 버퍼(520), 스트림 아웃 버퍼(530), 영상 출력부(540), 화질 개선부(550)를 포함할 수 있다.

[0058] 생성부(510)는 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트로 구성된 포인트 집합을 생성할 수 있다. 제안하는 포인트 기반 볼륨 렌더링 방법의 파이프라인은 포인트 생성 단계에서 입력된 볼륨 데이터의 복셀 개수만큼 임의의 포인트 리스트를 생성할 수 있다.

[0059] 먼저, 볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성할 수 있다. 그리고, 상기 생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 상기 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성할 수 있다. 그리고, 상기 생성된 포인트 집합을 버퍼(520)에 저장할 수 있다.

[0060] 스트림 아웃 버퍼(530)는 상기 저장된 포인트 집합에 대하여 미리 정의된 전의함수를 기준으로 유효성 검사를 수행할 수 있다. 유효성 검사를 수행하여 저장된 포인트 집합 중 의미 없는 포인트를 삭제하고, 최초 복셀의 수가 작거나 의미 있는 포인트의 수가 적을 경우에는 포인트를 추가할 수 있다.

[0061] 영상 출력부(540)는 상기 유효성 검사를 통해 생성된 복수의 유효 포인트의 볼륨 데이터를 가시화할 수 있다. 이러한 영상 출력부(540)는, 그래픽스 파이프라이에 최적화된 투영 방법을 사용함으로써 전체적인 복잡도를 낮출 수 있다.

[0062] 화질 개선부(550)는 상기 가시화된 볼륨 데이터를 샘플링 하여 최종 이미지의 해상도를 자동으로 조절할 수 있다. 이때, 화질 개선부(550)는 샘플링 된 볼륨 데이터의 화면 분할을 통한 포인트의 재분배 및 상기 분할된 포인트의 점진적 화질 개선을 수행할 수 있다.

[0063] 정점의 개수가 많아 질수록 레스터라이즈 단계에서의 병목이 발생하기 때문에 대용량의 데이터를 가시화하는 데는 제한이 있다. 이를 보완하기 위해 본 발명에서는 추가적으로 데이터의 분산처리를 통한 분할 렌더링 기법을 적용하였다. 이것은 입력된 전체 볼륨 데이터를 분석하여 하나의 파이프라인에서 처리해야 할 포인트의 수에 따라 특정 크기의 블록으로 데이터를 나누고 각각을 순차적으로 렌더링하는 방법이다. 이처럼 분할 렌더링을 수행할 경우, 전체를 최대 개수의 정점으로 레스터라이즈 하는 것 보다 수배 이상 빠른 렌더링 속도를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 블록사이즈를 최적화하여 적용할 경우 전체적인 처리시간 또한 줄어든다.

[0064] 제안하는 장치는 4D 볼륨을 가시화하기 위해 포인트 기반 볼륨 렌더링 기법을 사용한다. 4D 볼륨을 해당 프로세스에 적용할 경우, 복셀 당 한 개의 포인트를 추출하는 정점 생성과 최종적으로 이미지 평면에 알파 블랜딩하여 투영하는 합성(compositing)하는 과정, 그리고 점진적 화질 개선 과정이 적용될 수 있다. 4D 볼륨 데이터의 경우 이전 시간 t_{i-1} 상의 볼륨 데이터와 현재 입력된 t_i 상에서의 샘플링 한 복셀에 저장된 불투명도 값들 이 변경되어 입력되기 때문에 유효성 검사를 거쳐 스트림 아웃 버퍼에 최종적으로 저장되는 정점의 내용이 달라질 수 있다. 이처럼 전체적인 프로세스는 변하지 않으며, 최초 샘플링 되는 포인트 집합 역시 그대로 사용할 수 있다. 다시 말해, 스트림 아웃 버퍼상에서 최종적으로 저장되는 포인트 리스트 중에서 삭제되는 포인트 그룹만 달라질 수 있다. 이를 통해 전체 프로세스상에서 특정 정점들만을 삭제하고 기존에 샘플링 된 정점들의 집합은 그대로 사용할 수 있다.

[0065] 하지만 입력된 볼륨의 정밀도가 높은 영상을 제공해야 할 경우, 많은 수의 포인트를 반복적으로 업데이트해야 하기 때문에 속도저하가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해 본 발명에서는 정점 별로 업데이트되는 영역을 분석하고 해당 영역의 포인트만을 업데이트하여 기존에 변하지 않는 공간상의 포인트를 재사용하는 방법을 제안한다. 이를 위해 최초 렌더링을 통해 계속적으로 업데이트되는 영역의 위치를 정점 별로 태깅(tagging) 할 수 있다. 예를 들어, 옥트리(octree)를 이용하여 빈도수가 높은 포인트들을 갖는 공간과 그렇지 않은 공간을 분할하

여 최종적으로 업데이트가 안 되는 그룹(G_{reuse})을 선별할 수 있다. 이렇게 선별된 그룹들은 여러 개의 스트림 아웃 버퍼(S)에 각각 저장될 수 있다.

[0066] 이후의 렌더링 과정에서는 이렇게 나누어진 포인트 그룹을 이용하여 업데이트 되지 않는 영역의 포인트들은 필요할 때 마다 스트림 아웃 버퍼로부터 포인트 리스트를 읽어 별다른 처리과정 없이 바로 재사용할 수 있다. 이를 통해 업데이트 빈도가 높은 포인트 그룹(G'_{reuse})에 대해서만 선택적으로 유효성 검사를 수행할 수 있다. 이는 보다 적은 수의 포인트 그룹만을 고려하게 되므로 전체 포인트들을 모두 처리하는 이전의 방법 보다 최적화된 렌더링이 가능하다.

[0067] 레스터라이즈 단계에서 생기는 병목은 한 번에 처리해야 하는 프리미티브의 개수에 좌우될 수 있다. 특히, 많은 수의 프리미티브를 이용하여 렌더링하는 스플래팅 기반의 볼륨 렌더링의 경우, 성능의 최적화를 위해 레스터라이즈 단계에서 한 번에 처리할 프리미티브의 개수를 관리하는 것은 중요하다. 이를 위해 본 발명에서는 공간 분할을 위해 옥트리를 사용하였다.

[0068] 예를 들어, 캐디악 4차원 볼류 데이터(Cardiac 4D volume data)의 경우, N-페이즈(N-phase)의 데이터 셋을 사용할 때 각 페이즈 별로 동적으로 바뀌는 부분은 있지만 실제로 전체 영역에서의 데이터 분포도는 크게 변하지 않는다. 이것을 이용해 1-페이즈(1-phase)의 데이터로부터 유효성 검사를 통해 가시화될 포인트의 개수를 계산할 수 있다. 그리고 유효성 검사를 통과한 포인트를 이용하여 한 공간에 있어야 할 포인트의 개수를 임계 값과 비교하여 옥트리 형태로 데이터구조를 생성할 수 있다. 만약 현재 선택된 공간의 포인트개수가 임계 값 보다 클 경우, 선택된 공간을 8개의 서브영역으로 분할하고 그렇지 않을 경우는 공간 분할을 수행하지 않고 트리 생성을 마칠 수 있다. 이 과정은 모든 노드에서 반복적으로 수행되며, 모든 노드에서 공간분할이 끝날 때 트리 생성이 종료될 수 있다. 여기서 사용한 임계 값은 그래픽카드의 성능에 따라 달라지므로 사용자에 의해 정의된 값으로 사용하였다. 이런 과정을 통해 생성된 각각의 노드들은 서로의 상관관계를 유지할 필요 없이 각각 독립적인 하나의 공간으로 정점 버퍼에서 관리될 수 있다. 왜냐하면 본 발명에서 사용하는 단순형태의 옥트리는 레스터라이즈 단계에서 한 번에 처리할 정점의 개수를 공간의 의미로 분할한 것이기 때문이다. 이렇게 분할된 각 노드에 속한 포인트들은 스트림 아웃 버퍼에 각각 저장이 되고, 각 노드들은 레스터라이즈 단계에서 생성된 순서대로 순차적으로 합성(compositing)될 수 있다.

[0069] 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, FPA(field programmable 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.

[0070] 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 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 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.

[0071] 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 등

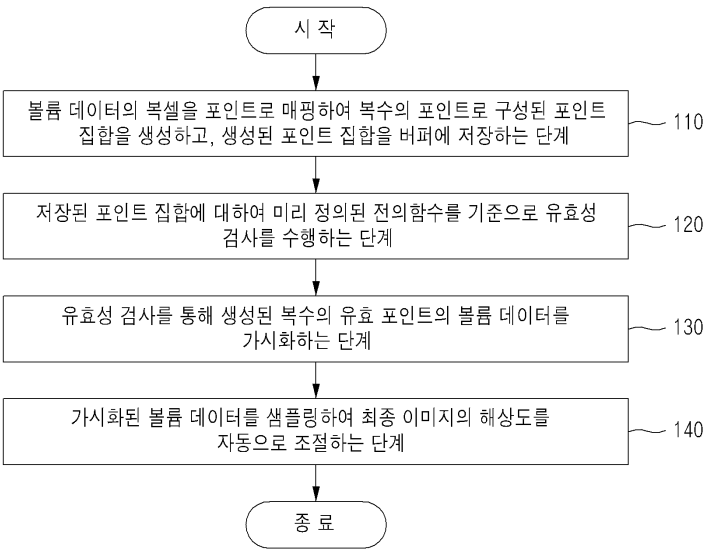
을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 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. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0072] 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.

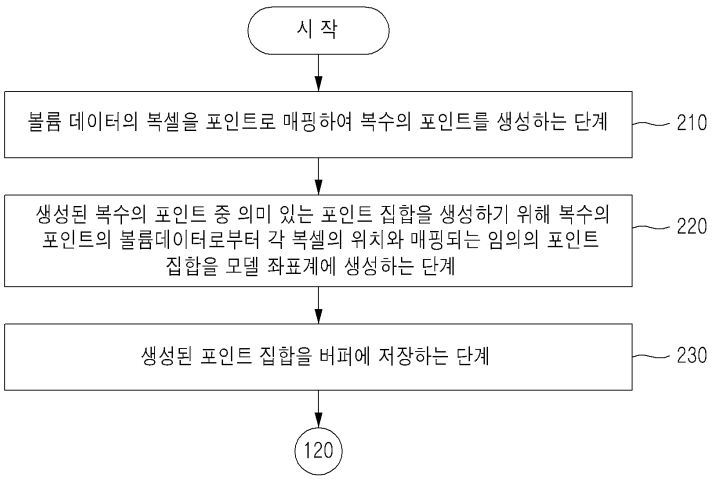
[0073] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

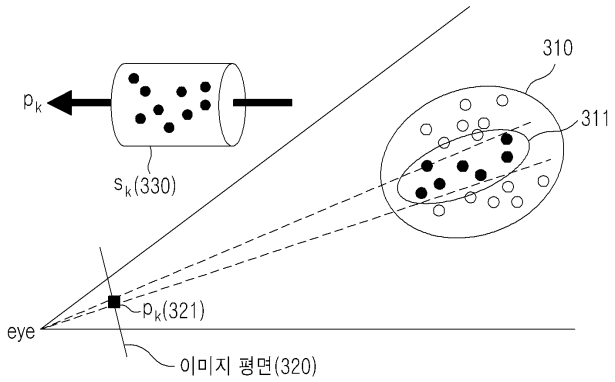
도면1



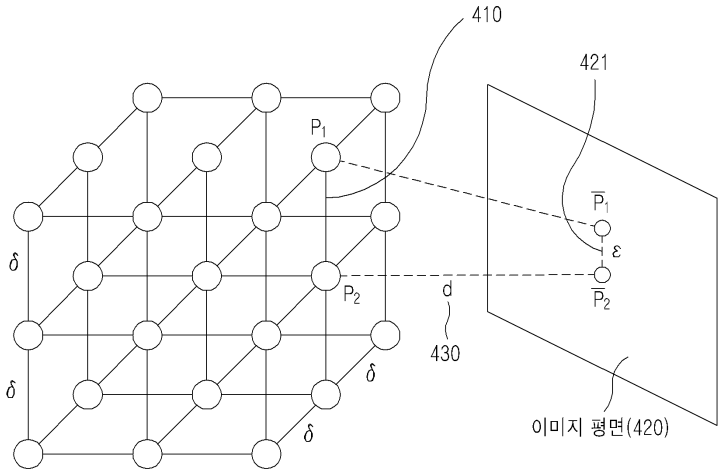
도면2


시 작
볼륨 데이터의 복셀을 포인트로 매핑하여 복수의 포인트를 생성하는 단계
210
생성된 복수의 포인트 중 의미 있는 포인트 집합을 생성하기 위해 복수의 포인트의 볼륨데이터로부터 각 복셀의 위치와 매핑되는 임의의 포인트 집합을 모델 좌표계에 생성하는 단계
220
생성된 포인트 집합을 버퍼에 저장하는 단계
230
120

도면3


310
311
p_k
s_k(330)
p_k(321)
eye
이미지 평면(320)

도면4


410
421
P_1
$\overline{P_1}$
ε
P_2
$\overline{P_2}$
d
430
δ
δ
δ
δ
이미지 평면(420)

도면5

