



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월07일
(11) 등록번호 10-2299151
(24) 등록일자 2021년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 11/00 (2006.01) G06T 15/08 (2011.01)
(52) CPC특허분류
G06T 11/005 (2013.01)
A61B 8/466 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0032417
(22) 출원일자 2020년03월17일
심사청구일자 2020년03월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR101724240 B1*
KR1020150064937 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
신병석
서울특별시 서초구
권구주
인천광역시 미추홀구 경인남길102번길 59-7(용현동)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 7 항

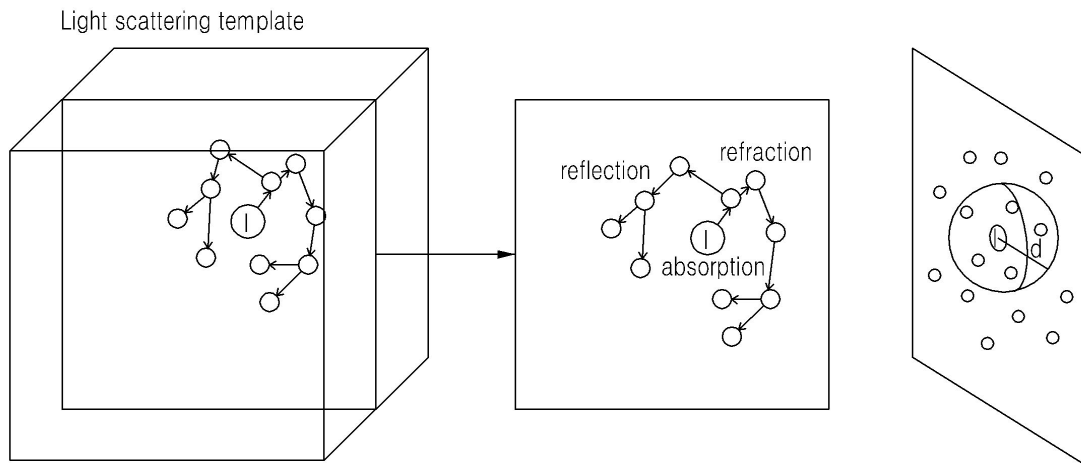
심사관 : 이병우

(54) 발명의 명칭 3 차원 초음파 영상에서 볼륨 렌더링을 위한 신뢰할 수 있는 서브 서피스 스캐터링 방법

(57) 요약

3차원 초음파 영상에서 볼륨 렌더링을 위한 신뢰할 수 있는 서브 서피스 스캐터링 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 볼륨 렌더링을 위한 서브 서피스 스캐터링(Subsurface Scattering) 방법은, 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성하는 단계; 상기 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 상기 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산하는 단계; 및 상기 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 상기 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 8/483 (2013.01)

A61B 8/5207 (2013.01)

G06T 15/08 (2013.01)

G06T 2207/10136 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711113344(세부과제번호: 2017-0-01815-004)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발사업
연구과제명	[Ezbaro] (K-AR 1세부) AR기반 수술용 개발툴킷 및 응용개발(4차년도)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098022(세부과제번호: 2019R1A2C1090713)
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	[Ezbaro] CNN과 GAN을 이용한 의료 AR/VR용 실감 인체모델 생성기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

볼륨 렌더링을 위한 서브 서피스 스캐터링(Subsurface Scattering) 방법에 있어서,

노이즈 제거 과정이 수행된 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성하는 단계;

상기 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 상기 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산하는 단계; 및

상기 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 상기 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절하는 단계

를 포함하고,

상기 빛의 산란 영역을 조절하는 단계는,

상기 초음파 영상 데이터에 대한 초음파 좌표계와 직교 좌표계에서 조명 벡터와 광 템플릿 크기를 각각 r 축과 z 축에 대하여 재계산하여 빛의 산란 영역을 조절하고, 상기 직교 좌표계에 적재된 볼륨 데이터에서 균일한 커널을 사용하기 위해서 상기 초음파 좌표계의 하부 영역으로 갈수록 더 큰 커널을 사용하는 단계

를 포함하는 서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배광 템플릿은,

상기 물체의 밀도에 따라 상기 물체의 내부에서 발생된 빛의 난반사를 통해 산란된 광자 정보를 포함하고,

상기 광자 정보는, 광량과 광자의 3차원 좌표 정보가 저장되는

서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 빛의 세기를 계산하는 단계는,

샘플링되는 복셀마다 배광 템플릿의 광자 수를 참고하여 볼륨 데이터의 내부에서의 산란 효과를 표현하는 단계

를 포함하고,

상기 샘플링되는 복셀은, 배광 템플릿의 광자로부터 내부 산란의 영향을 받는, 서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 빛의 세기를 계산하는 단계는,

상기 내부 산란을 계산하기 위하여 광자가 위치하고 있는 지점의 복셀의 색들을 각 광자의 광량이 비례하게 색상 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정한 후, 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 광선이 출발한 픽셀의 색상 값에 대한 기여도를 계산하는 단계

를 포함하는 서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 초음파 영상 데이터는, 원뿔(Conical) 또는 극좌표계(Polar coordinates)를 사용하는 서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 빛의 산란 영역을 조절하는 단계는,

상기 초음파 영상 데이터의 픽셀 위치에서 상기 조절된 빛의 산란 영역에 조명값을 반영하여 조명 효과를 제공하는 단계

를 포함하는 서브 서피스 스캐터링 방법.

청구항 8

볼륨 렌더링을 위한 서브 서피스 스캐터링(Subsurface Scattering)을 제공하는 렌더링 시스템에 있어서,

노이즈 제거 과정이 수행된 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성하는 템플릿 생성부;

상기 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 상기 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산하는 계산부; 및

상기 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 상기 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절하는 영역 조절부

를 포함하고,

상기 영역 조절부는,

상기 초음파 영상 데이터에 대한 초음파 좌표계와 직교 좌표계에서 조명 벡터와 광 템플릿 크기를 각각 r 축과 z 축에 대하여 재계산하여 빛의 산란 영역을 조절하고, 상기 직교 좌표계에 적재된 볼륨 데이터에서 균일한 커널을 사용하기 위해서 상기 초음파 좌표계의 하부 영역으로 갈수록 더 큰 커널을 사용하는

렌더링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 3 차원 초음파 영상에서 볼륨 렌더링을 위한 신뢰할 수 있는 서브 서피스 스캐터링 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003]그래픽 하드웨어의 발전으로 실시간 볼륨 렌더링 같은 대용량 데이터 처리가 가능해졌다. 볼륨 렌더링은 객체의 표면과 내부를 함께 시각화 할 수 있으며 물리적 특성을 반영하여 반투명 객체를 표시하는 경우에도 유용하기 때문에 의료 이미지 시각화에 자주 사용된다. 컴퓨터 단층 촬영(CT) 및 자기 공명 영상(MRI) 데이터와 달리 초음파 볼륨 데이터는 데이터를 빠르게 획득 할 수 있기 때문에 실시간으로 물체 변화를 시각화하는 경우에 적합하다.

- [0004] 의료 영상 분야의 3 차원 초음파 장치는 CT 또는 MRI와 비교하여 몇 가지 장점이 있다. 저렴한 비용으로 인체 내부를 실시간으로 시각화 할 수 있고 다양한 의료 분야에서 사용되며 심장 질환 및 태아 관찰 검사에 유용하다.
- [0005] 의료 영상 분야에서는 결과영상의 품질이 중요하기 때문에 렌더링 과정에서 물리적 원리에 따라 조명을 추가하여 보다 사실적인 결과영상을 재구성하는 것이 필요하다. 조명으로 인한 음영 효과는 렌더링된 볼륨의 곡률 표현력을 증가시키고 향상된 깊이 감을 제공한다. 실시간 볼륨 렌더링 과정에서 음영은 일반적으로 지역 조명 처리를 한다. 지역 조명은 제한된 수의 조명만 사용하며 복셀과 광원 사이 위치 관계만 고려하여 픽셀 값을 계산하기 때문에 빠르다. 그러나 주변 환경과 물체의 물리적 특성을 고려하지 않기 때문에 영상을 현실적으로 표현하기 어렵다. 특히 음영이 많을수록 음영의 경계가 거칠게 표현된다.
- [0006] 고품질 영상을 만들기 위해서는 전역 조명 기술이 필요하다. 전역 조명 처리는 처리 속도와 데이터 양을 크게 증가시킨다. 따라서 근사화 방법 및 데이터 양을 줄이는 방법 등의 가속화 기술이 필요하다. 전역 조명 처리 방법 중 광선 추적법은 수많은 빛의 경로를 계산해야 하고 빛의 이동 경로를 정확하게 추적하는 것이 어렵다. 광선 추적을 기반으로 빛의 산란효과를 계산하려면 굴절 및 반사 지점에서 새로운 반사 광선을 생성한 후 반복적으로 다시 계산해야 한다. 광선의 수가 증가함에 따라 경로의 수도 지수적으로 증가하기 때문에 연산량이 기하 급수적으로 늘어난다. 이러한 문제를 해결하기 위해 전처리 시간에 광자맵 형태로 광자의 위치를 $*2^*$ 저장하는 방법이 제안되었다. 광자맵은 볼륨 데이터 내부에서 빛의 이동 경로를 계산하여 저장한 3D 텍스처이다. 렌더링 단계에서, 광자까지의 거리는 광선의 경로를 따라 위치한 관찰 위치로부터 계산된다. 그리고 광선의 히트 포인트로부터 일정 범위 내의 광자가 선택된다. 최종 빛의 강도는 선택된 광자의 광량과 빛의 색 및 강도를 누적하여 계산된다. 광자맵을 사용하면 볼륨을 렌더링 할 때 전체 조명을 비교적 빠른 속도로 표현할 수 있다. 그러나 렌더링 데이터가 클수록 광자맵의 크기가 증가하기 때문에 전처리 시간이 오래 걸리고 더 많은 리소스가 필요하다.
- [0007] 초음파 볼륨 데이터를 시각화 할 때 샘플링 위치에 따라 좌표를 변환하는 것이 중요하다. CT와 MRI 와 같이 직교 좌표계를 사용하는 볼륨 데이터는 동일한 샘플링 간격을 갖지만 프로브를 이용해 동심원 좌표계에서 샘플링하는 초음파 볼륨 데이터는 복셀 간 샘플링 간격이 위치에 따라 다르다. 샘플링 위치가 초음파 신호의 원점(프로브 위치)에 근접하면, 샘플링 간격이 좁고 원점에서 멀어지면 넓어진다. 따라서, 동일한 방향과 크기의 조명 영역이 적용 되더라도 실제 초음파 볼륨 공간에서의 크기 및 모양이 다르다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 초음파 좌표계의 특성에 따라 빛 분포를 계산하여 빛의 산란 효과를 정확하게 시각화하는 방법을 제공할 수 있다.
- [0010] 비-직교 좌표계에서 볼륨 광선 추적 수행 시 보정된 빛 방향을 계산하여 빛을 처리하는 새로운 전역 조명 방법을 제공할 수 있다.
- [0011] 배광 템플릿을 사용하여 조명 처리 과정의 계산량을 감소시키는 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 볼륨 렌더링을 위한 서브 서피스 스캐터링(Subsurface Scattering) 방법은, 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성하는 단계; 상기 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 상기 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산하는 단계; 및 상기 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 상기 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 배광 템플릿은, 상기 물체의 밀도에 따라 상기 물질의 내부에서 발생된 빛의 난반사를 통해 산란된 광자 정보를 포함하고, 상기 광자 정보는, 광량과 광자의 3차원 좌표 정보가 저장될 수 있다.
- [0015] 상기 빛의 세기를 계산하는 단계는, 샘플링되는 복셀마다 배광 템플릿의 광자 수를 참고하여 볼륨 데이터의 내부에서의 산란 효과를 표현하는 단계를 포함하고, 상기 샘플링되는 복셀은, 배광 템플릿의 광자로부터 내부 산란의 영향을 받을 수 있다.

- [0016] 상기 빛의 세기를 계산하는 단계는, 상기 내부 산란을 계산하기 위하여 광자가 위치하고 있는 지점의 복셀의 색들을 각 광자의 광량이 비례하게 색상 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정한 후, 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 광선이 출발한 픽셀의 색상 값에 대한 기여도를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 초음파 영상 데이터는, 원뿔(Conical) 또는 극좌표계(Polar coordinates)를 사용하고, 상기 빛의 산란 영역을 조절하는 단계는, 상기 초음파 영상 데이터에 대한 초음파 좌표계와 직교 좌표계에서 조명 벡터와 광 템플릿 크기를 각각 r 축과 z 축에 대하여 재계산하여 빛의 산란 영역을 조절하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 빛의 산란 영역을 조절하는 단계는, 상기 직교 좌표계에 적재된 볼륨 데이터에서 균일한 커널을 사용하기 위해서 상기 초음파 좌표계의 하부 영역으로 갈수록 더 큰 커널을 사용하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 빛의 산란 영역을 조절하는 단계는, 상기 초음파 영상 데이터의 픽셀 위치에서 상기 조절된 빛의 산란 영역에 조명값을 반영하여 조명 효과를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 볼륨 렌더링을 위한 서브 서피스 스캐터링(Subsurface Scattering)을 제공하는 렌더링 시스템은, 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성하는 템플릿 생성부; 상기 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 상기 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산하는 계산부; 및 상기 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 상기 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절하는 영역 조절부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 실시예에 따르면, 볼륨 렌더링에서 전역 조명 처리를 하면 빛의 산란 및 소멸 현상이 결과 영상에 반영되므로 보다 사실적인 결과를 획득할 수 있다.
- [0023] 실시예에 따르면, 직교 좌표를 사용하지 않는 초음파 볼륨 데이터에서 광 전파 방향의 왜곡을 최소화하여 보다 정확한 조명을 표현하는 방법을 제안함으로써 조명 효과가 표현된 보다 현실적인 태아 영상을 사용하면 태아의 모습을 정확하게 설명할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 3차원 배광 템플릿을 생성하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 초음파 좌표와 직교 좌표의 변환된 위치에서 조명 벡터를 계산하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템 저장된 볼륨 데이터의 위치에 따른 빛 전파 영역의 차이를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 직교 좌표계와 초음파 좌표계 사이의 배광 템플릿 커널 크기 관계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 6은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 서브 서피스 스캐터링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0028] 모든 전역 조명 방법은 직교(데카르트) 좌표계를 기준으로 계산될 수 있다. 이에 따라 초음파 영상 데이터와 같은 비 직교 좌표계의 경우 전역 조명을 제대로 표현할 수 없다. 실시예에서는 초음파 좌표계의 특성에 따라 빛 분포를 계산하여 빛의 산란 효과를 정확하게 시각화하는 방법을 설명하기로 한다.
- [0029] 그리고 초음파 영상 데이터는 데이터를 획득하는 동안 많은 노이즈가 발생하기 때문에 시각화하기 전에 노이즈 제거 과정이 수행될 수 있다. 이때, 2차원 초음파 영상 데이터 및 3차원 초음파 영상 데이터에 노이즈 제거를 위한 다양한 필터링 방법이 적용될 수 있다. 예를 들면, 3차원 태아 초음파 영상 데이터에 적응형 양방향 필터링 방법을 통해 초음파 영상 데이터가 필터링될 수 있다. 또한, 이 방법은 실시간 처리에 사용될 수 있기 때문에 4차원 데이터에도 적용될 수 있다.

- [0030] 도 1은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 3차원 배광 템플릿을 생성하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0031] 실시예에서는 초음파 볼륨 렌더링 과정에서 전역 조명처리 시 산란 효과를 보다 정확하게 시각화하는 방법을 설명하기로 한다. 렌더링 시스템은 볼륨 데이터를 구성하는 물질의 특성에 따라 빛의 양을 계산하고, 반사된 빛 값, 굴절된 빛 및 흡수된 빛을 저장하는 3차원 배광 템플릿을 생성한 후, 초음파 볼륨 좌표에 따라 빛의 분포를 계산할 수 있다.
- [0032] 렌더링 시스템은 빛의 확산광 속성을 사용하여 배광 템플릿을 생성할 수 있다. 빛의 산란 현상은 물질의 성질에 따라 다르게 표현되며, 동일한 속성을 가진 물체는 단위 면적당 비슷한 양의 빛을 가진다. 따라서 재료 특성에 따라 미리 구성된 템플릿을 적용하여 빛의 양을 쉽게 계산할 수 있다. 템플릿에는 산란 과정에서 생성된 광자관련 정보가 저장되고 빛의 양과 좌표도 저장된다. 광원으로부터의 빛의 산란 현상은 빛이 소멸될 때까지 재귀적으로 반복된다. 이에, 직교 좌표가 아닌 초음파 좌표에서 역함수를 계산하고 위치에 따른 빛의 산란 효과를 보다 정확하게 표현할 수 있다. 이때, 배광 템플릿은 여러 단계로 제작되며 이것을 이용하여 초음파 볼륨 렌더링에서 산란 효과와 음영과 같은 전역 조명 효과를 시각화하는 데 사용될 수 있다.
- [0033] 이하에서는, 기존 볼륨 렌더링에서 산란 효과를 표현할 때 필요한 연산 시간과 저장 공간을 감소시키는 전역 조명 표현 방법을 설명하기로 한다. 또한, 직교 좌표계를 사용하지 않는 초음파 볼륨 렌더링에서 실제 공간에 맞는 정확한 산란광 표현 방법을 설명하기로 한다.
- [0034] 실시예에서는 인체 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 템플릿을 생성할 수 있다. 빛은 각 재료의 내부에서 난반사를 통해 산란이 발생한다. 산란이 발생하는 물체가 동일한 물성을 가지면, 단위 면적당 유사한 광량을 가지게 된다. 렌더링 시스템은 물체의 밀도에 따라 미리 생성된 템플릿을 적용하면 광량을 쉽게 계산할 수 있다. 최초 광원에서 산란된 빛들이 다시 산란되는 과정은 빛이 소멸할 때까지 재귀적으로 반복될 수 있다. 템플릿은 산란된 광자 정보를 지니고 있으며, 각각의 광자마다 광량과, 광자의 3차원 좌표가 저장된다.
- [0035] 빛이 도달하는 거리가 x 이고, 빛의 강도가 I 인 경우, 거리($dist$)에 따른 빛의 감소량은 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.
- [0036] 수학식 1:
- $$\frac{dI}{dx} = -(1 - a_{dist}) \times I$$
- [0037]
- [0038] 여기서 a 는 물체의 불투명도이다. 템플릿의 초기 조명 강도가 I_0 인 경우, 템플릿의 총 광량은 I_0 과 같다. 템플릿의 모든 광자를 포함하는 영역이 s 인 경우, 템플릿의 범위 방정식(range equation)을 수학식 2와 같다.
- [0039] 수학식 2:
- $$I_0 = \int_0^s abs(I, x, \lambda, a, \theta) dx + \int_0^s refr(I, x, a, \theta') dx + \int_0^s refl(I, x, \lambda, a, \theta'') dx$$
- $$I = I_0 \times e^{(-\frac{\Delta x}{\lambda})}$$
- [0040]
- [0041] 이때, 입사각에 따라 빛의 세기를 결정하기 위해 사용되는 범위 방정식은 램버트(Lambert) 코사인 법칙에 따라 수학식 3과 같이 정리된다.
- [0042] 수학식 3:
- $$I = I_0 \times e^{(-\frac{\Delta x}{\lambda})} \times \cos \theta$$
- [0043]
- [0044] 여기서, Δx 는 빛의 이동 거리이고, λ 는 빛이 물체 속에서 이동할 수 있는 평균 자유 경로이고, 하나의 광자가 연속적으로 충돌하며 이동하는 평균 거리를 의미한다. 평균 자유 경로는 수학식 4와 같다.

[0045] 수학적식 4:

$$[0046] \quad \lambda = \sqrt{2} \times n \times \sigma$$

[0047] 여기서 n 은 산란영역인 구(sphere)의 밀도이고, σ 는 산란 당시의 유효 면적이다. 템플릿 내에서 산란이 일어나는 거리는 λ 와 같다. 이때, 각 위치에서 흡수되는 광자의 양 abs 는 수학적식 5와 같다.

[0048] 수학적식 5:

$$[0049] \quad abs = I \times (1 - a)$$

[0050] 흡수된 빛은 굴절되어 거리 λ 만큼 이동한다. 이때, 빛이 이동하는 경로가 물체 내부에 있다고 가정하면, 빛은 임계 각도 이내에서 임의의 방향으로 진행한다. 따라서, 굴절된 광량 $refr$ 및 반사된 광량 $refl$ 은 수학적식 6과 같이 표현될 수 있다.

[0051] 수학적식 6:

$$[0052] \quad \begin{aligned} refr &= a \times I \times \cos\theta' \\ refl &= a \times I \times (1 - \cos\theta') \end{aligned}$$

[0053] 여기서, θ 는 거리 λ 만큼 광자가 이동한 임의의 위치에 대한 각도이다. 이렇게 생성된 배광 템플릿에서 동일한 위치에 복수 개의 광자가 존재할 경우 내부 산란이 있다고 가정하고 중첩된 광자들의 광량을 하나의 광자에 누적하여 저장할 수 있다.

[0054] 템플릿 크기는 물체의 투과율에 의해 결정되므로 전체 볼륨에 비해 매우 작다. 이러한 템플릿은 물체의 특성이 동일한 경우, 볼륨 데이터의 크기에 상관없이 사용할 수 있다.

[0055] 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링에 대하여 설명하기로 한다.

[0056] 렌더링 시스템은 광선 투사 과정 중 관측 시점으로부터 가상 광선이 발사되고 재샘플링(resampling) 위치에서 미리 제작된 배광 템플릿을 적용할 수 있다. 렌더링 시스템은 샘플링되는 복셀마다 배광 템플릿의 광자 수를 참고하여 볼륨 데이터 내부에서의 산란 효과를 표현할 수 있다. 이때, 샘플링되는 복셀은 템플릿의 광자들로부터 내부 산란에 영향을 받게 된다. 렌더링 시스템은 내부 산란을 계산하기 위해 광자가 위치하고 있는 지점의 복셀의 색들을 각 광자의 광량이 비례하게 색상 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정할 수 있다. 렌더링 시스템은 색상이 결정되면 불투명도 전이함수(opacity transfer function)로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 광선이 출발한 픽셀의 색상 값에 대한 기여도를 계산할 수 있다. 광선이 진행됨에 따라 손실되는 빛의 양만큼 실제 물체의 내부로 투과되어 들어오는 빛의 양도 감소되므로 볼륨 내부로 렌더링이 진행될수록 빛의 산란의 영향도 적어진다. 밀도값 d 에 대한 전이 함수의 값이 $T(d)$ 인 경우, 광선 경로상의 복셀 p 에서 빛의 세기 R 은 수학적식 7과 같이 계산된다.

[0057] 수학적식 7:

$$[0058] \quad R_p = (1 - T(d))^s$$

[0059] 여기서 s 는 빛이 이동한 횟수이다. 배광 템플릿의 인수가 $t_0, t_1, \dots, t_i$ 인 경우, 빛의 산란으로 인해 혼합된 빛의 세기 B 는 수학적식 8과 같이 표현된다.

[0060] 수학적식 8:

$$[0061] \quad B = \sum_i^{photon} R_p \times I_p \times (1 - \cos\theta') \times t_i$$

- [0062] 이것은 템플릿의 각 인수 t 와 관련된 빛의 양에 대한 혼합된 주변 색상을 기반으로 산란된 빛의 최종 계산값이다.
- [0063] 도 2는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 초음파 좌표와 직교 좌표의 변환된 위치에서 조명 벡터를 계산하는 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0064] 초음파 좌표계에서의 산란효과를 계산하는 것을 설명하기로 한다.
- [0065] 3차원 초음파 영상 데이터는 직교 좌표계를 사용하지 않는 대표적인 의료 영상 데이터이다. 초음파 영상 데이터는 그림 2의 왼쪽과 같이 원뿔(Conical) 또는 극좌표계(Polar coordinates)를 사용한다. 초음파 영상 데이터를 시각화하려면 두 좌표계 간의 변환 과정이 필요하다. 또한, 초음파 영상 데이터는 장비 특성상 획득 시간이 CT 또는 MRI 보다 빠르기 때문에 실시간 좌표 변환 과정이 필요하다.
- [0066] 도 3은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템 저장된 볼륨 데이터의 위치에 따른 빛 전파 영역의 차이를 나타낸 도면이다.
- [0067] 조명값 계산을 위한 조명 벡터(light vector), 물체 표면의 법선 벡터(normal vector) 연산 그리고 광 템플릿(light template)의 크기는 기본적으로 직교 좌표계를 기반으로 결정되기 때문에 정확한 빛 표현이라고 볼 수 없다. 도 3을 참고하면, 초음파 좌표계와 직교 좌표계에서 조명 벡터와 광 템플릿 크기를 각각 r 축과 z 축에 대하여 재계산 하여 산란 영역을 조절하는 과정을 나타낸 것이다. 초음파 볼륨 렌더링 과정에서 광선의 샘플링 위치는 도 3의 왼쪽과 같은 공간에서 진행되지만 실제로 메모리에 저장된 볼륨 데이터의 좌표계는 도 3의 오른쪽과 같다.
- [0068] 초음파 좌표계(도 3 왼쪽)에서 빛의 산란을 표현하는 과정에서 광 템플릿의 커널 크기를 균일하게 하는 경우 메모리에 적재된 직교 좌표계 형태의 볼륨에서는 초음파 볼륨 데이터의 하부 영역으로 갈수록 줄어들면서 왜곡된다(도 3 오른쪽). 이것은 빛의 산란을 계산하는 과정에서 오류를 유발하기 때문에 직교 좌표계에 적재된 볼륨에서 균일한 크기의 커널을 사용하기 위해서는 초음파 좌표계의 하부 영역으로 갈수록 더 큰 커널을 사용해야 한다.
- [0069] 도 4는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 직교 좌표계와 초음파 좌표계 사이의 배광 템플릿 커널 크기 관계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0070] 도 4를 참고하면, 직교 좌표의 광 템플릿 크기를 초음파 좌표계의 변수 σ , β 및 r 에 대한 재계산으로 산란 영역을 계산하는 과정을 나타낸 것이다. 직교 좌표계의 직육면체 영역은 초음파 좌표계의 부채꼴 모양에 해당되지만 절두체(frustum) 모양으로 단순화 할 수 있다. 절두체의 부피는 r 축을 따라 증가하고 템플릿 (T)의 크기는 수학적 식 9와 같이 (σ, β, r) 및 (x, y, z)와 관련된 방정식을 기반으로 계산할 수 있다.
- [0071] 수학적 식 9:
- $$T_{xyz} = \left(\frac{r \cos(\sigma)}{x}, \frac{r \sin(\beta)}{y}, \frac{r}{z} \right)^{\sigma}$$
- [0072]
- [0073] 도 5는 일 실시예에 따른 렌더링 시스템의 구성을 설명하기 위한 블록도이고, 도 6은 일 실시예에 따른 렌더링 시스템에서 서브 서피스 스캐터링 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0074] 렌더링 시스템(100)에 포함된 프로세서는 템플릿 생성부(510), 계산부(520) 및 영역 조절부(530)를 포함할 수 있다. 이러한 프로세서 및 프로세서의 구성요소들은 도 6의 서브 서피스 스캐터링 방법이 포함하는 단계들(610 내지 630)을 수행하도록 렌더링 시스템을 제어할 수 있다. 이때, 프로세서 및 프로세서의 구성요소들은 메모리가 포함하는 운영체제의 코드와 적어도 하나의 프로그램의 코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다. 여기서, 프로세서의 구성요소들은 렌더링 시스템(100)에 저장된 프로그램 코드가 제공하는 제어 명령에 따라 프로세서에 의해 수행되는 서로 다른 기능들(different functions)의 표현될 수 있다.
- [0075] 프로세서는 서브 서피스 스캐터링 방법을 위한 프로그램의 파일에 저장된 프로그램 코드를 메모리에 로딩할 수 있다. 예를 들면, 렌더링 시스템(100)에서 프로그램이 실행되면, 프로세서는 운영체제의 제어에 따라 프로그램의 파일로부터 프로그램 코드를 메모리에 로딩하도록 렌더링 시스템을 제어할 수 있다.

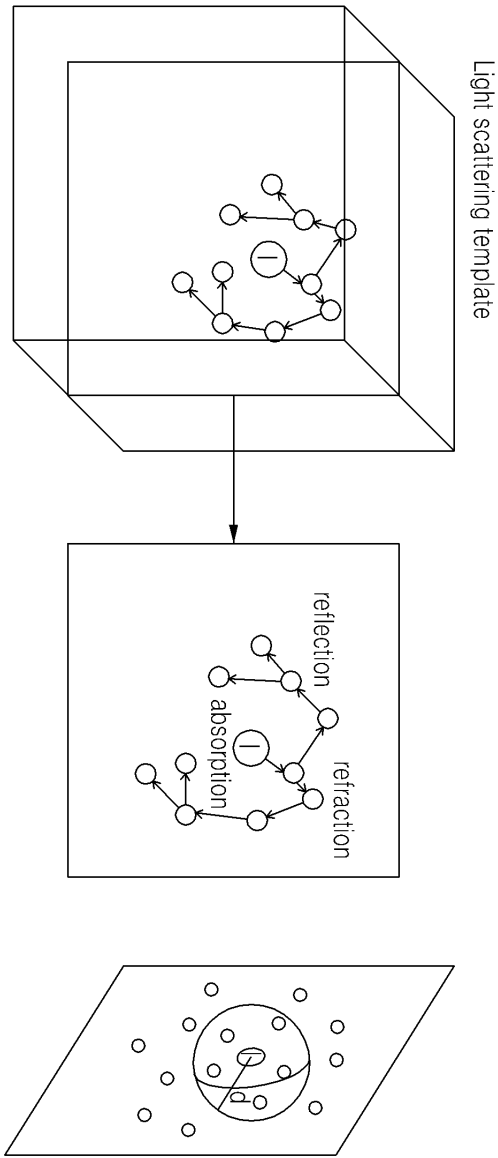
- [0076] 단계(610)에서 템플릿 생성부(510)는 초음파 영상 데이터에서 볼륨 데이터를 구성하는 물체의 밀도에 따라 발생하는 난반사 성질을 이용하여 배광(light-distribution) 템플릿을 생성할 수 있다.
- [0077] 단계(620)에서 계산부(520)는 생성된 배광 템플릿을 이용한 서브서피스 스캐터링을 통해 초음파 영상 데이터에 산란된 빛의 세기를 계산할 수 있다. 계산부(520)는 샘플링되는 복셀마다 배광 템플릿의 광자 수를 참고하여 볼륨 데이터의 내부에서의 산란 효과를 표현할 수 있다. 계산부(520)는 내부 산란을 계산하기 위하여 광자가 위치하고 있는 지점의 복셀의 색들을 각 광자의 광량이 비례하게 색상 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정한 후, 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 광선이 출발한 픽셀의 색상 값에 대한 기여도를 계산할 수 있다.
- [0078] 단계(630)에서 영역 조절부(530)는 초음파 영상 데이터의 시각화하기 위한 서로 다른 좌표계 간의 좌표 변환 과정을 수행하여 계산된 빛의 세기에 기반한 빛의 산란 영역을 조절할 수 있다. 영역 조절부(530)는 초음파 영상 데이터에 대한 초음파 좌표계와 직교 좌표계에서 조명 벡터와 광 템플릿 크기를 각각 r 축과 z 축에 대하여 재계산하여 빛의 산란 영역을 조절할 수 있다. 영역 조절부(530)는 직교 좌표계에 적재된 볼륨 데이터에서 균일한 커널을 사용하기 위해서 초음파 좌표계의 하부 영역으로 갈수록 더 큰 커널을 사용할 수 있다. 영역 조절부(530)는 초음파 영상 데이터의 픽셀 위치에서 조절된 빛의 산란 영역에 조명값을 반영하여 조명 효과를 제공할 수 있다.
- [0079] 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, FPGA(field programmable gate 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.
- [0080] 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, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)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.
- [0081] 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 등을 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.
- [0082] 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.

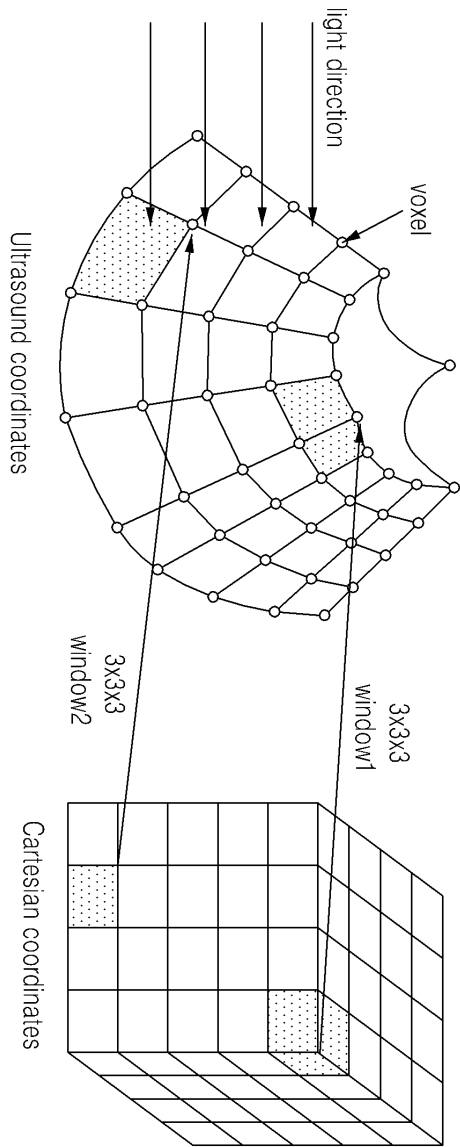
[0083] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

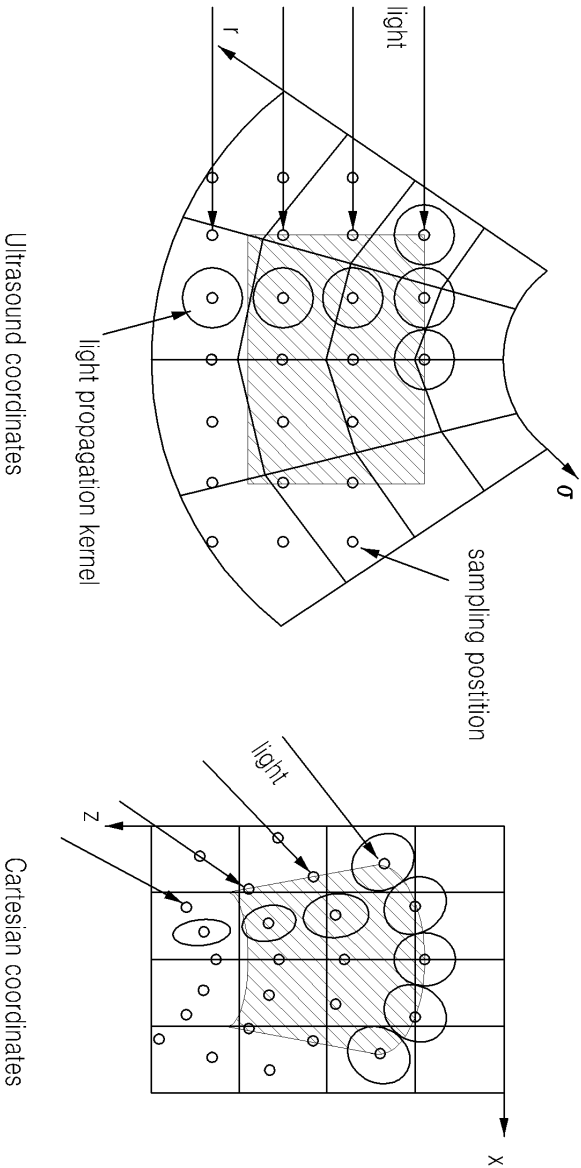
도면1



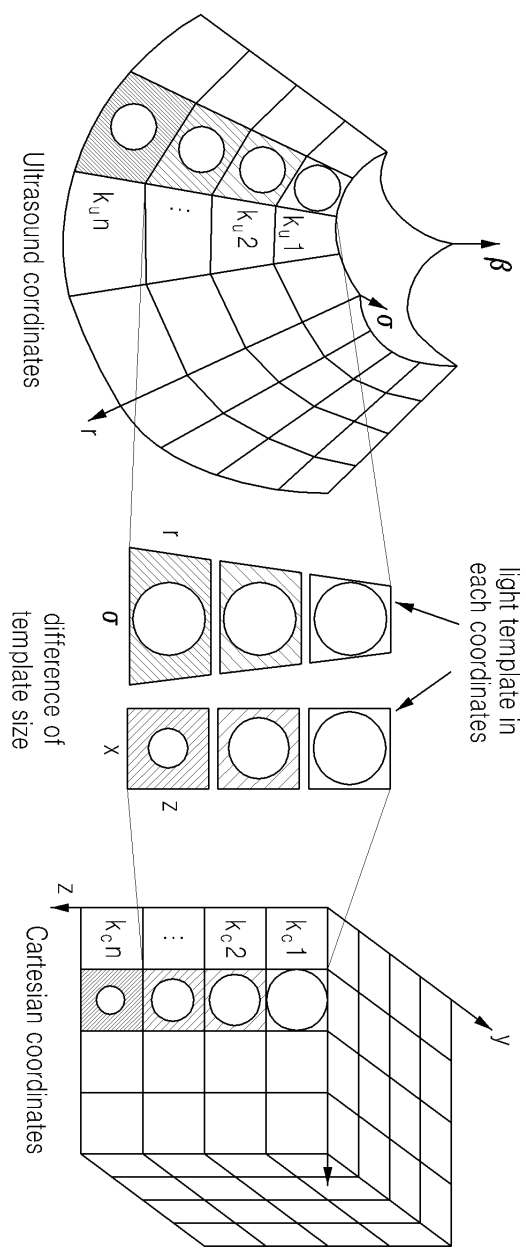
도면2



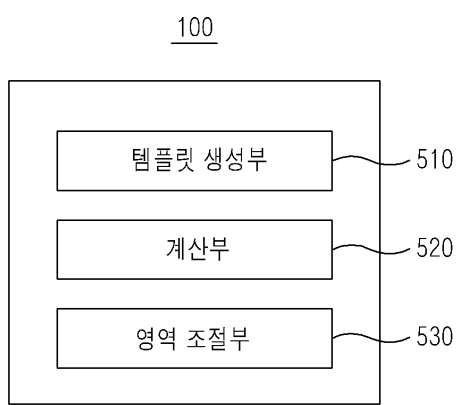
도면3



도면4



도면5



도면6

