



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0093676  
(43) 공개일자 2021년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 6/00 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 6/5205 (2013.01)  
A61B 5/0064 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0007561  
(22) 출원일자 2020년01월20일  
심사청구일자 2020년01월20일

(71) 출원인  
연세대학교 원주산학협력단  
강원도 원주시 흥업면 연세대길 1  
(72) 발명자  
김건아  
광주광역시 남구 봉선로175번길 6, 202동 706호  
(봉선동, 봉선동 삼익아파트)  
박소영  
충청남도 천안시 서북구 봉정로 366, 103동 1305호  
(두정동, 한성3차필하우스아파트)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
유민규

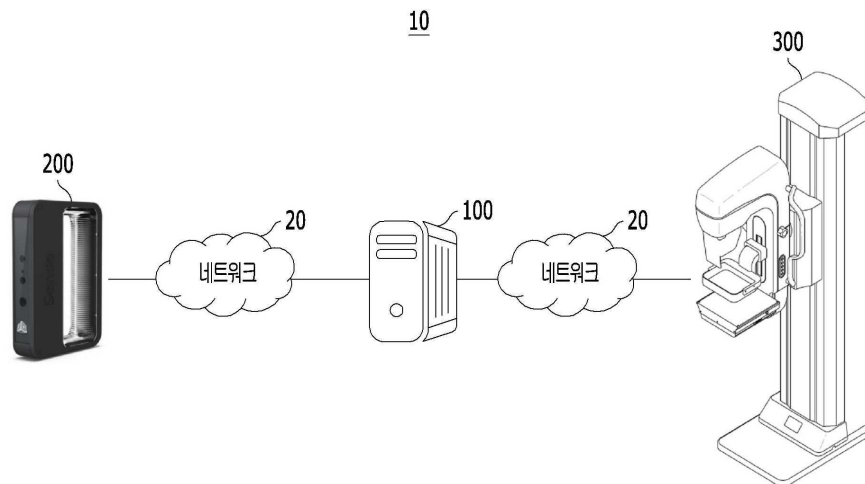
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법

(57) 요약

3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법이 개시되며, 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법은, 상기 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 피사체의 표면 이미지를 획득하는 단계, 상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하는 단계, 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득하는 단계 및 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**A61B 6/482** (2013.01)

**A61B 6/488** (2013.01)

**A61B 6/5247** (2020.08)

(72) 발명자

**김규석**

서울특별시 강서구 강서로47라길 46, 1호 (내발산동)

**조효성**

강원도 원주시 시청로 255, 104동 201호 (명륜동, 동보노빌리티)

**서창우**

강원도 원주시 혁신로 400, 1106동 1604호 (반곡동, 푸른숨엘에이치11단지)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 있어서,  
 상기 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 피사체의 표면 이미지를 획득하는 단계;  
 상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하는 단계;  
 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득하는 단계; 및  
 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 단계,  
 를 포함하는, 단일 에너지 물질 분리 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 피사체가 신체 중 적어도 일부이면,  
 상기 제1기저 물질은 연부 조직이고 상기 제2기저 물질은 뼈인 것을 특징으로 하는, 단일 에너지 물질 분리 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 표면 이미지는 상기 피사체의 표면을 나타내는 3차원 이미지이고,  
 상기 두께 투영 영상을 생성하는 단계는,  
 상기 표면 이미지의 내부 영역을 상기 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 상기 두께 투영 영상을 생성하는 것인, 단일 에너지 물질 분리 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
 상기 두께 투영 영상을 생성하는 단계는,  
 상기 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향하여 상기 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 상기 전방향-투영을 수행하는 것인, 단일 에너지 물질 분리 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,  
 상기 물질 분리 영상을 도출하는 단계는 하기 식 1의 연립 방정식의 해를 구하는 것이고,  
 [식 1]

$$P \approx \mu_1(E_{eff})L_1 + \mu_2(E_{eff})L_2$$

$$L = L_1 + L_2$$

여기서,  $P$ 는 상기 방사선 영상이고,  $L$ 은 상기 두께 투영 영상이고,  $E_{eff}$ 는 촬영 조건과 관련된 유효에너지 값이고,  $\mu_1$ 은 상기 제1기저 물질의 감약계수이고,  $\mu_2$ 는 상기 제2기저 물질의 감약계수이고,  $L_1$ 은 상기 제1기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상이고,  $L_2$ 는 상기 제2기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상인 것인, 단일 에너지 물질 분리 기법.

#### 청구항 6

3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치에 있어서,

상기 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 촬영된 피사체의 표면 이미지를 상기 3차원 레이저 스캐너로부터 획득하고, 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 상기 방사선 촬영 장치로부터 획득하는 기초 영상 획득부;

상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하는 투영부; 및

상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 연산부,

를 포함하는, 단일 에너지 물질 분리 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 표면 이미지는 상기 피사체의 표면을 나타내는 3차원 이미지이고,

상기 투영부는,

상기 표면 이미지의 내부 영역을 상기 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 상기 두께 투영 영상을 생성하는 것인, 단일 에너지 물질 분리 장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 투영부는,

상기 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향하여 상기 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 상기 전방향-투영을 수행하는 것인, 단일 에너지 물질 분리 장치.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 연산부는,

하기 식 1의 연립 방정식의 해를 연산함으로써 상기 물질 분리 영상을 도출하되,

[식 1]

$$P \approx \mu_1(E_{eff})L_1 + \mu_2(E_{eff})L_2$$

$$L = L_1 + L_2$$

여기서,  $P$ 는 상기 방사선 영상이고,  $L$ 은 상기 두께 투영 영상이고,  $E_{eff}$ 는 촬영 조건과 관련된 유효에너지 값이고,  $\mu_1$ 은 상기 제1기저 물질의 감약계수이고,  $\mu_2$ 는 상기 제2기저 물질의 감약계수이고,  $L_1$ 은 상기 제1기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상이고,  $L_2$ 는 상기 제2기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상인 것인, 단일 에너지 물질 분리 장치.

## 청구항 10

단일 에너지 물질 분리 시스템에 있어서,

피사체의 표면 이미지를 획득하는 3차원 레이저 스캐너;

상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득하는 방사선 촬영 장치; 및

상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하고, 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 제6항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 단일 에너지 물질 분리 장치,

를 포함하는, 단일 에너지 물질 분리 시스템.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본원은 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본원은 단일에너지(Single-energy) 방사선 영상 기법(radiography)에서 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 연부 조직과 뼈로 분리된 영상을 구현하는 기법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 1895년 뢰트겐에 의해 처음 발견된 엑스선은 피사체에 대한 투과력이 높기 때문에 오늘날 의료 및 산업 분야에서 유용한 비파괴검사 수단으로 널리 사용되고 있다.

[0003] 일반적인 엑스선 촬영은 엑스선이 피사체를 투과할 때 구성물질의 ‘선감약계수’와 ‘두께’에 비례해 발생하는 흡수능 차이를 이용하여 영상화하는 감약차 기반의 2차원 투영영상 기법이다. 도 1은 종래의 이중에너지 물질 분리 기법을 설명하기 위한 도면이다.

[0004] 도 1을 참조하면, 이중에너지 물질분리(dual-energy material decomposition, DEMD)기법이란, 피사체에서 두 가지 기저가 되는 물질(basis-material)의 ‘두께’로 영상을 표현해 주는 기법으로, 기존의 일반 엑스선 촬영에서 확인하기 힘들었던 정보를 추가적으로 제공하여 흉부촬영 및 골밀도 측정 등의 진단 분야와 공항의 보안 검색 등의 산업 분야에 기여하고 있다.

[0005] 인체를 조사하는 경우 인체를 구성하는 대표적인 두 가지의 물질이면서 각각 광전효과(photon-electric effect)와 콤프턴 산란(compton scattering)의 현상을 주로 반영하는 뼈와 연부 조직이 기저 물질로 선정되어 활용되고 있다. 하지만, 원리적으로 두 가지의 서로 다른 엑스선 에너지 스펙트럼(X-ray energy spectrum)을 획득하기 위해 두 번의 독립적인 촬영이 요구되고, 이는 환자에게 전달하는 피폭선량의 증가와 두 번의 독립적인 촬영 사이에서 발생 가능한 환자의 움직임으로 인한 인공물(motion-artifact)을 초래한다. 이를 해결하기 위해서 듀얼레이어-디텍터(dual-layer-detector)와 광자계수-디텍터(photon-counting-detector)가 개발되었으나 해당 디텍터의 값비싼 비용으로 인하여 진단용으로 사용되는 대면적 2차원 디텍터를 대체하는 데 어려움이 있다.

[0006] 본원의 배경이 되는 기술은 한국공개특허공보 제10-2019-0140641호에 개시되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 엑스선 촬영 등의 방사선 촬영을 1회만 수행하더라도 이중 에너지 물질 분리 기법과 유사한 효과를 획득할 수 있어 대상자의 신체에 조사되는 방사선의 양을 저감시키면서도 피사체를 이루는 각각의 기저 물질에 대한 분리 영상을 획득할 수 있는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법을 제공하려는 것을 목적으로 한다.

[0008] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

## 과제의 해결 수단

- [0009] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법은, 상기 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 피사체의 표면 이미지를 획득하는 단계, 상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하는 단계, 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득하는 단계 및 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 피사체가 신체 중 적어도 일부이면, 상기 제1기저 물질은 연부 조직이고 상기 제2기저 물질은 뼈일 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 표면 이미지는 상기 피사체의 표면을 나타내는 3차원 이미지일 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 두께 투영 영상을 생성하는 단계는, 상기 표면 이미지의 내부 영역을 상기 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 상기 두께 투영 영상을 생성할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 두께 투영 영상을 생성하는 단계는, 상기 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향하여 상기 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 상기 전방향-투영을 수행할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 물질 분리 영상을 도출하는 단계는 하기 식 1의 연립 방정식의 해를 구하는 것일 수 있다.
- [0015] 한편, 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치는, 상기 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 촬영된 피사체의 표면 이미지를 상기 3차원 레이저 스캐너로부터 획득하고, 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 상기 방사선 촬영 장치로부터 획득하는 기초 영상 획득부, 상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하는 투영부 및 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 연산부를 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 투영부는, 상기 표면 이미지의 내부 영역을 상기 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 상기 두께 투영 영상을 생성할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 투영부는, 상기 방사선 촬영 장치에 의해 상기 피사체를 향하여 상기 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 상기 전방향-투영을 수행할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 연산부는, 하기 식 1의 연립 방정식의 해를 연산함으로써 상기 물질 분리 영상을 도출할 수 있다.
- [0019] 한편, 본원의 일 실시예에 따른 단일 에너지 물질 분리 시스템은, 피사체의 표면 이미지를 획득하는 3차원 레이저 스캐너, 상기 피사체를 향해 조사된 방사선이 상기 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득하는 방사선 촬영 장치 및 상기 표면 이미지에 기초하여 상기 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성하고, 상기 두께 투영 영상 및 상기 방사선 영상에 기초하여 상기 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 단일 에너지 물질 분리 장치를 포함할 수 있다.
- [0020] 상술한 과제 해결 수단은 단지 예시적인 것으로서, 본원을 제한하려는 의도로 해석되지 않아야 한다. 상술한 예시적인 실시예 외에도, 도면 및 발명의 상세한 설명에 추가적인 실시예가 존재할 수 있다.

## 발명의 효과

- [0021] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 엑스선 촬영 등의 방사선 촬영을 1회만 수행하더라도 이중 에너지 물질 분리 기법과 유사한 효과를 획득할 수 있어 대상자의 신체에 조사되는 방사선의 양을 저감시키면서도 피사체를 이루는 각각의 기저 물질에 대한 분리 영상을 획득할 수 있는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0022] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 종래의 방사선 영상 기법들에 존재하였던 추가 피폭선량의 문제 및 촬영 사이의 촬영 대상자의 움직임에 의한 인공물 발생의 문제가 해결될 수 있다.
- [0023] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 종래의 방사선 영상 기법들에 비하여 저렴한 비용으로 기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 획득할 수 있다.
- [0024] 다만, 본원에서 얻을 수 있는 효과는 상기된 바와 같은 효과들로 한정되지 않으며, 또 다른 효과들이 존재할 수

있다.

### 도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 종래의 이중에너지 물질 분리 기법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본원의 일 실시예에 따른 단일 에너지 물질 분리 시스템의 개략적인 구성도이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 따른 단일 에너지 물질 분리 방식을 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 따른 피사체의 표면 이미지를 획득하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 따른 방사선 촬영 장치를 예시적으로 나타낸 도면이다.

도 6a는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 시뮬레이션 된 가상의 피사체에 대한 방사선 영상, 표면 이미지 및 두께 투영 영상을 각각 나타낸 것이다.

도 6b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 실제 피사체에 대한 방사선 영상, 표면 이미지 및 두께 투영 영상을 각각 나타낸 것이다.

도 7a는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 가상의 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대한 물질 분리 영상을 종래의 이중에너지 물질 분리 기법과 비교하여 나타낸 도면이다.

도 7b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 실제 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대한 물질 분리 영상을 종래의 이중에너지 물질 분리 기법과 비교하여 나타낸 도면이다.

도 8a 및 도 8b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험예로서 제1기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상 및 제2기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상 각각에 대한 화질을 프로파일을 이용해 평가한 결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치의 개략적인 구성도이다.

도 10은 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 대한 동작 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0027] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결" 또는 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0028] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에", "상부에", "상단에", "하에", "하부에", "하단에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0029] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0030] 본원은 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 시스템, 장치 및 방법에 관한 것이다. 특히, 본원은 단일에너지(Single-energy) 방사선 영상 기법(radiography)에서 3차원 레이저 스캐너를 이용하여 연부 조직과 뼈로 분리된 영상을 구현하는 기법에 관한 것이다.

[0031] 도 2는 본원의 일 실시예에 따른 단일 에너지 물질 분리 시스템의 개략적인 구성도이고, 도 3은 본원의 일 실시



예에 따른 단일 에너지 물질 분리 방식을 설명하기 위한 개념도이다.

- [0032] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본원의 일 실시예에 따른 단일 에너지 물질 분리 시스템(10)은 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치(100)(이하, '물질 분리 장치(100)'라 한다.), 3차원 레이저 스캐너(200) 및 방사선 촬영 장치(300)를 포함할 수 있다.
- [0033] 물질 분리 장치(100), 3차원 레이저 스캐너(200) 및 방사선 촬영 장치(300) 상호간은 네트워크(20)를 통해 통신할 수 있다. 네트워크(20)는 단말들 및 서버들과 같은 각각의 노드 상호간에 정보 교환이 가능한 연결 구조를 의미하는 것으로, 이러한 네트워크(20)의 일 예에는, 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 네트워크, LTE(Long Term Evolution) 네트워크, 5G 네트워크, WIMAX(World Interoperability for Microwave Access) 네트워크, 인터넷(Internet), LAN(Local Area Network), Wireless LAN(Wireless Local Area Network), WAN(Wide Area Network), PAN(Personal Area Network), wifi 네트워크, 블루투스(Bluetooth) 네트워크, 위성 방송 네트워크, 아날로그 방송 네트워크, DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 네트워크 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.
- [0034] 최근 들어, 산업 분야에서 널리 사용되고 있는 3차원 레이저 스캐너(200)는 스캐너에서 방출한 레이저를 이용해 물체(피사체)의 표면과 스캐너 사이의 거리를 계산하고, 해당 물체(피사체)의 표면을 재구성하여 3차원으로 시각화한 정보를 제공하도록 동작한다.
- [0035] 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 피사체의 표면 이미지를 획득하는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 본원의 3차원 레이저 스캐너(200)는 피사체의 표면 이미지를 획득할 수 있다.
- [0036] 구체적으로 도 4를 참조하면, 3차원 레이저 스캐너(200)는 두께 투영 영상을 획득하기 위하여 피사체의 표면을 3차원 재구성(3D 모델링)할 수 있다. 도 4를 참조하면 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너(200)는 사용자가 파지하고 피사체(Object)의 주변부를 3차원 레이저 스캐너(200)를 회전시키면서 표면 이미지(Surface image)의 획득을 위한 스캔을 수행하는 핸드-헬드 방식으로 마련될 수 있으나, 이에만 한정되는 것은 아니다. 다른 예로, 3차원 레이저 스캐너(200)는 CMM(Coordinate Measuring Machine) 방식, 터치 프로브 기반 방식 등의 접촉식 스캐닝 기기일 수 있다. 또 다른 예로, 3차원 레이저 스캐너(200)는 TOF(Time-Of-Flight) 방식, 삼각측량 방식, 패턴 이미지 방식 등의 비접촉식 스캐닝 기기일 수 있다. 참고로, 후술하는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험예에서는 3D Systems Co.에서 개발한 Sense™ 레이저 스캐너를 사용하였다.
- [0037] 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 방사선 촬영 장치를 예시적으로 나타낸 도면이다. 방사선 촬영 장치(300)는 피사체를 향해 조사된 방사선이 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 획득할 수 있다.
- [0038] 구체적으로 도 5를 참조하면, 방사선 촬영 장치(300)는 엑스선에 해당하는 방사선을 방출하는 선원(X-ray tube) 및 2차원 대면적 디텍터(Flat-panel detector)를 포함할 수 있다. 본원의 일 실시예에 따르면, 선원(X-ray tube)은 80kVp의 엑스선을 방출할 수 있으며, 2차원 대면적 디텍터(Flat-panel detector)는 198m의 해상도를 가질 수 있다. 또한, 도 5에 도시된 방사선 촬영 장치(300)에 의해 방사선 영상을 획득하기 위해서 피사체(도 5를 참조하면, Animal bone)는 선원과 대면적 디텍터 사이에 배치될 수 있다.
- [0039] 물질 분리 장치(100)는 3차원 레이저 스캐너(200)를 이용하여 획득된 피사체의 표면 이미지를 3차원 레이저 스캐너(200)로부터 수신할 수 있다. 또한, 물질 분리 장치(100)는 수신된 피사체의 표면 이미지에 기초하여 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성할 수 있다. 참고로, 본원의 실시예에 관한 설명에서, "두께"라는 용어는 감쇠 길이(Attenuation Length)를 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0040] 본원의 일 실시예에 따르면, 표면 이미지는 피사체의 표면을 나타내는 3차원 이미지 형태로 획득될 수 있으며, 본원의 일 실시예에 따른 물질 분리 장치(100)는 표면 이미지의 내부 영역을 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 두께 투영 영상을 생성할 수 있다.
- [0041] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 물질 분리 장치(100)는 방사선 촬영 장치(300)에 의해 피사체를 향하여 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 전술한 전방향-투영을 수행하는 것일 수 있다.
- [0042] 또한, 본원의 일 실시예에 따르면, 물질 분리 장치(100)가 3차원 레이저 스캐너(200)를 통해 획득된 표면 이미지에 기초하여 두께 투영 영상을 생성하는 것은, 미리 설정된 임계값 적용 및 광선 추적(ray tracing)을 통해 표면 이미지로부터 피사체에 대한 감쇠 길이(attenuation length)를 추정하는 프로세스로 이해될 수 있다.



- [0043] 본원의 발명자는 본원에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법을 평가하고 기존의 이중에너지 물질 분리 기법(DEMD)과의 비교를 위하여 가상의 피사체에 대한 시뮬레이션 및 실제 피사체에 대한 실험을 수행하였으며, 시뮬레이션 수행 결과는 후술하는 도 6a 및 도 7a를 통해 확인할 수 있고, 실제 피사체에 대한 실험 결과는 후술하는 도 6b 및 도 7b를 통해 확인할 수 있다.
- [0044] 참고로, 시뮬레이션 및 실제 피사체에 대한 실험 모두에서 종래의 이중에너지 물질 분리 기법(DEMD)의 경우, 80kVp 및 50kVp로 촬영된 두 엑스선 영상을 활용하였으며, 본원의 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법의 경우, 80kVp에 해당하는 방사선 영상을 활용하였다.
- [0045] 도 6a는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 시뮬레이션 된 가상의 피사체에 대한 방사선 영상, 표면 이미지 및 두께 투영 영상을 각각 나타낸 것이다.
- [0046] 도 6a를 참조하면, 시뮬레이션을 위한 가상의 피사체(팬텀)는 종래의 3차원 Shepp-logan을 활용하였으며, 구성 성분(기저 물질)은 인체를 구성하는 물질인 연부 조직, 물 및 뼈를 포함하도록 하였고, 가상의 피사체(팬텀)의 사이즈는 256\*256\*256으로 설정하였다.
- [0047] 구체적으로, 도 6a의 (a)는 시뮬레이션을 통해 획득된 방사선 영상이고, 도 6a의 (b)는 표면 이미지이고, 도 6a의 (c)는 두께 투영 영상을 나타낸 것이다.
- [0048] 도 6b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 실제 피사체에 대한 방사선 영상, 표면 이미지 및 두께 투영 영상을 각각 나타낸 것이다.
- [0049] 도 6b를 참조하면, 실제 피사체를 활용한 실험에서는 컵 안에 물을 채우고 물 속에 동물의 뼈를 넣어 인체를 모사하였다. 또한, 도 6a와 마찬가지로 도 6b의 (a)는 실제 피사체에 대한 방사선 촬영을 통해 획득된 방사선 영상이고, 도 6a의 (b)는 실제 피사체에 대한 표면 이미지이고, 도 6a의 (c)는 표면 이미지로부터 생성된 두께 투영 영상을 나타낸 것이다.
- [0050] 물질 분리 장치(100)는 방사선 촬영 장치(300)에 의해 피사체를 향해 조사된 방사선이 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 방사선 촬영 장치(300)로부터 수신(획득)할 수 있다. 또한, 물질 분리 장치(100)는 생성된 두께 투영 영상 및 수신된 방사선 영상에 기초하여 해당 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출할 수 있다.
- [0051] 구체적으로, 본원의 일 실시예에 따르면 촬영 대상인 피사체가 사람 또는 동물의 신체 중 적어도 일부이면, 제1기저 물질은 연부 조직이고, 제2기저 물질은 뼈일 수 있다.
- [0052] 본원의 일 실시예에 따르면, 물질 분리 장치(100)는 하기 식 1의 연립 방정식의 해를 구함으로써 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출하는 것일 수 있다.

[0053] [식 1]

$$P \approx \mu_1(E_{eff})L_1 + \mu_2(E_{eff})L_2$$

$$L = L_1 + L_2$$

- [0054]
- [0055] 여기서,  $P$ 는 방사선 영상이고,  $L$ 은 두께 투영 영상이고,  $E_{eff}$ 는 촬영 조건과 관련된 유효에너지 값이고,  $\mu_1$ 은 제1기저 물질의 감약계수이고,  $\mu_2$ 는 제2기저 물질의 감약계수이고,  $L_1$ 은 제1기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상이고,  $L_2$ 는 제2기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상일 수 있다.
- [0056] 본원의 일 실시예에 따르면, 제1기저 물질의 감약계수( $\mu_1$ ) 및 제2기저 물질의 감약계수( $\mu_2$ )는 촬영 조건과 관련된 유효에너지 값( $E_{eff}$ )을 기반으로 미국 국립표준기술연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)에서 제공하는 데이터베이스를 통해 획득할 수 있다.
- [0057] 도 7a는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 가상의 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대한 물질 분리 영상을 종래의 이중에너지

지 물질 분리 기법과 비교하여 나타낸 도면이다.

- [0058] 도 7a를 참조하면, 도 7a의 상측 두 그림은 본원에서 제안하는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법을 이용한 시뮬레이션에서 획득된 제1기저 물질인 연부조직에 대한 물질 분리 영상(좌상단) 및 제2기저 물질인 뼈에 대한 물질 분리 영상(우상단)을 나타낸 것이다. 또한, 도 7a의 하측 두 그림은 종래의 이중에너지 지 물질 분리 기법(DEMD)을 이용하여 획득된 물질 분리 영상(하단)을 나타낸 것이다.
- [0059] 도 7a를 참조하면, 본원에서 제안하는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 의할 때, 종래의 이중에너지 물질 분리 기법과 대비하여 유사한 수준으로 각각의 기저 물질이 분리되는 것을 확인할 수 있고, 종래의 이중에너지 물질 분리 기법에서 문제가 되었던 노이즈 증폭에 관한 문제도 해결되어 분리 영상 각각의 화질(노이즈 특성)이 개선되는 것을 확인할 수 있다.
- [0060] 도 7b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험 예로서, 실제 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대한 물질 분리 영상을 종래의 이중에너지 물질 분리 기법과 비교하여 나타낸 도면이다.
- [0061] 도 7b를 참조하면, 도 7b의 상측 두 그림은 본원에서 제안하는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법을 이용한 실제 피사체 기반 실험에서 획득된 제1기저 물질인 연부조직에 대한 물질 분리 영상(좌상단) 및 제2기저 물질인 뼈에 대한 물질 분리 영상(우상단)을 나타낸 것이다. 또한, 도 7b의 하측 두 그림은 종래의 이중에너지 물질 분리 기법(DEMD)을 이용하여 획득된 물질 분리 영상(하단)을 나타낸 것이다.
- [0062] 도 7b를 참조하면, 본원에서 제안하는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 의할 때, 종래의 이중에너지 물질 분리 기법과 대비하여 유사한 수준으로 각각의 기저 물질이 분리되는 것을 확인할 수 있고, 종래의 이중에너지 물질 분리 기법에서 문제가 되었던 노이즈 증폭에 관한 문제도 해결되어 분리 영상 각각의 화질(노이즈 특성)이 개선되는 것을 확인할 수 있다.
- [0063] 도 8a 및 도 8b는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법과 연계된 일 실험예로서 제1기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상 및 제2기저 물질에 대응하는 물질 분리 영상 각각에 대한 화질을 프로파일을 이용해 평가한 결과를 나타낸 도면이다.
- [0064] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 본원에서 제안하는 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 의해 제1기저 물질(연부 조직, 도 8a)과 제2기저 물질(뼈, 도 8b)로 분리된 분리 영상 각각의 화질을 프로파일을 이용해 평가하면, 종래의 이중에너지 물질 분리 기법(DEMD)과 유사한 수준의 분리 결과를 보이면서도 화질은 개선되는 것을 확인할 수 있다.
- [0065] 도 9는 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치의 개략적인 구성도이다.
- [0066] 도 9를 참조하면, 물질 분리 장치(100)는 기초 영상 획득부(110), 투영부(120) 및 연산부(130)를 포함할 수 있다.
- [0067] 기초 영상 획득부(110)는 3차원 레이저 스캐너(200)를 이용하여 촬영된 피사체의 표면 이미지를 3차원 레이저 스캐너(200)로부터 획득할 수 있다. 여기서, 피사체의 표면 이미지는 피사체의 표면을 나타내는 3차원 이미지일 수 있다. 또한, 기초 영상 획득부(110)는 방사선 촬영 장치(300)에 의해 피사체를 향해 조사된 방사선이 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 방사선 촬영 장치(300)로부터 획득할 수 있다.
- [0068] 투영부(120)는 표면 이미지에 기초하여 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성할 수 있다.
- [0069] 본원의 일 실시예에 따르면, 투영부(120)는 표면 이미지의 내부 영역을 표면 이미지와 대응되도록 채운 상태에서 전방향-투영(forward-projection)을 수행함으로써 두께 투영 영상을 생성할 수 있다. 또한, 투영부(120)는 방사선 촬영 장치(300)에 의해 피사체를 향하여 방사선이 조사되는 기하학 구조와 대응되는 기하학 구조를 기반으로 전술한 전방향-투영을 수행할 수 있다.
- [0070] 연산부(130)는 생성된 두께 투영 영상 및 획득된 방사선 영상에 기초하여 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출할 수 있다. 본원의 일 실시예에 따르면, 연산부(130)는 상술한 식 1의 연립 방정식의 해를 연산함으로써 물질 분리 영상을 도출하는 것일 수 있다.
- [0071] 이하에서는 상기에 자세히 설명된 내용을 기반으로, 본원의 동작 흐름을 간단히 살펴보기로 한다.

- [0072] 도 10은 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 대한 동작 흐름도이다.
- [0073] 도 10에 도시된 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법은 앞서 설명된 물질 분리 장치(100)에 의하여 수행될 수 있다. 따라서, 이하 생략된 내용이라고 하더라도 물질 분리 장치(100)에 대하여 설명된 내용은 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법에 대한 설명에도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0074] 도 10을 참조하면, 단계 S1010에서 기초 영상 획득부(110)는, 3차원 레이저 스캐너(200)를 이용하여 획득된 피사체의 표면 이미지를 획득할 수 있다.
- [0075] 다음으로, 단계 S1020에서 투영부(120)는 획득된 피사체의 표면 이미지에 기초하여 피사체에 대한 두께 투영 영상을 생성할 수 있다.
- [0076] 다음으로, 단계 S1030에서 기초 영상 획득부(110)는, 방사선 촬영 장치(300)에 의해 피사체를 향해 조사된 방사선이 피사체를 투과하여 검출된 방사선 영상을 방사선 촬영 장치(300)로부터 획득할 수 있다.
- [0077] 다음으로, 단계 S1040에서 연산부(130)는, 두께 투영 영상 및 방사선 영상에 기초하여 피사체를 이루는 제1기저 물질 및 제2기저 물질 각각에 대응하는 물질 분리 영상을 도출할 수 있다.
- [0078] 상술한 설명에서, 단계 S1010 내지 S1040은 본원의 구현예에 따라서, 추가적인 단계들로 더 분할되거나, 더 적은 단계들로 조합될 수 있다. 또한, 일부 단계는 필요에 따라 생략될 수도 있고, 단계 간의 순서가 변경될 수도 있다.
- [0079] 본원의 일 실시예에 따른 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 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 본 발명을 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 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0080] 또한, 전술한 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 방법은 기록 매체에 저장되는 컴퓨터에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 또는 애플리케이션의 형태로도 구현될 수 있다.
- [0081] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0082] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

## 부호의 설명

- [0083] 10: 단일 에너지 물질 분리 시스템  
 100: 3차원 레이저 스캐너를 이용한 단일 에너지 물질 분리 장치  
 110: 기초 영상 획득부  
 120: 투영부  
 130: 연산부

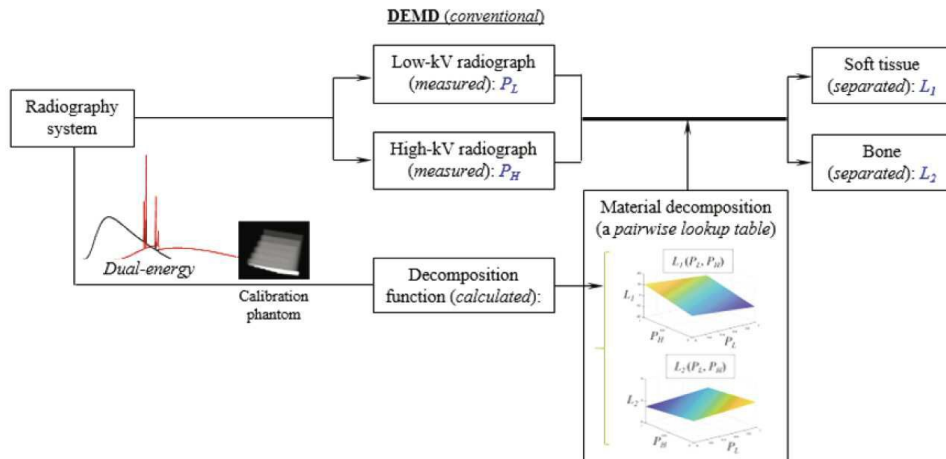
200: 3차원 레이저 스캐너

300: 방사선 촬영 장치

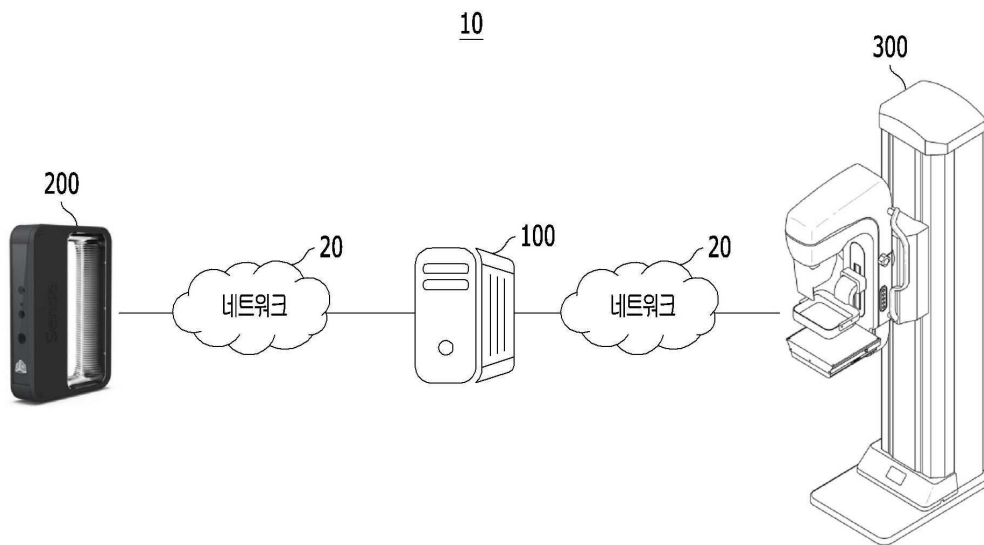
20: 네트워크

도면

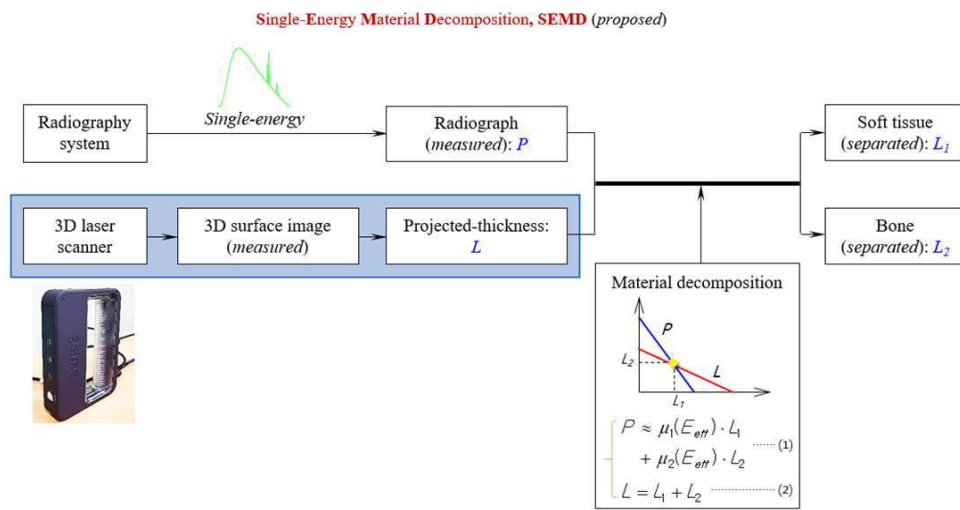
도면1



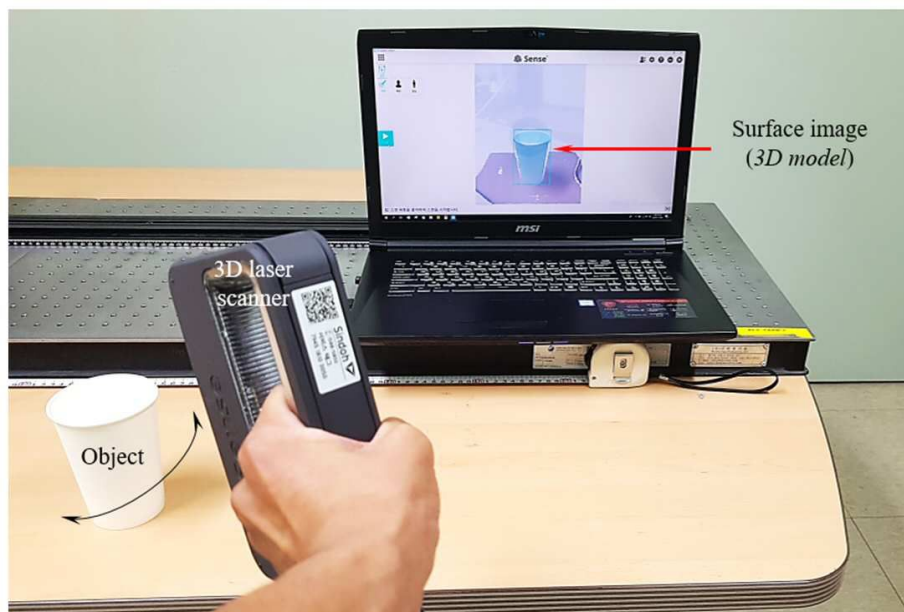
도면2



도면3

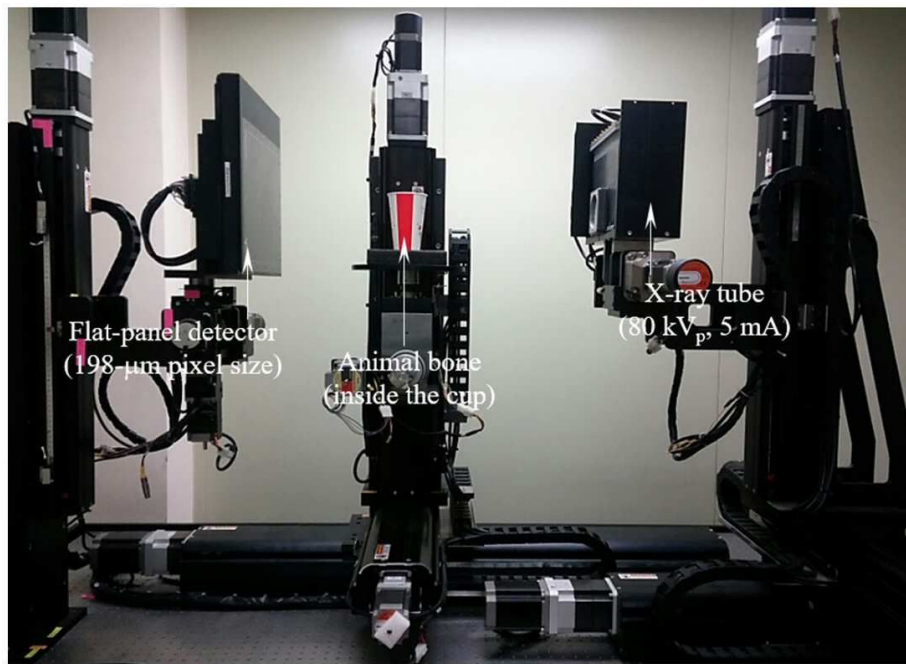


도면4

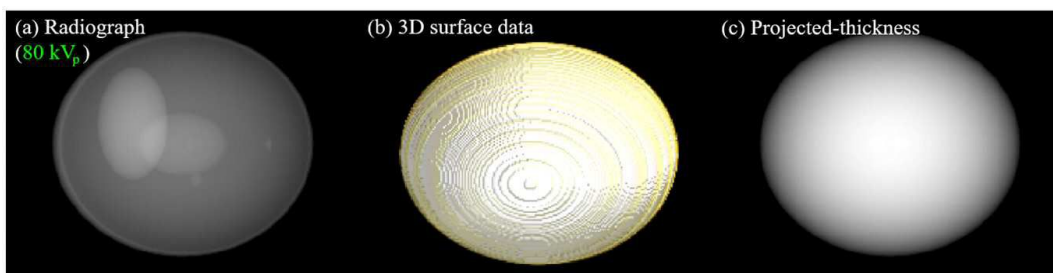




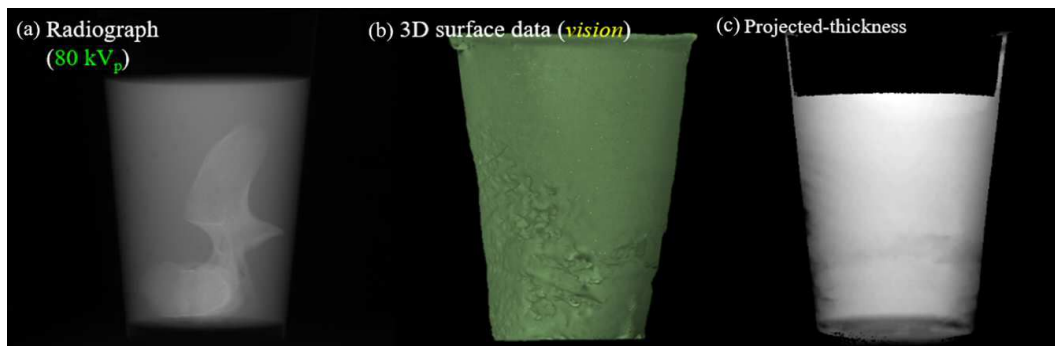
도면5



도면6a

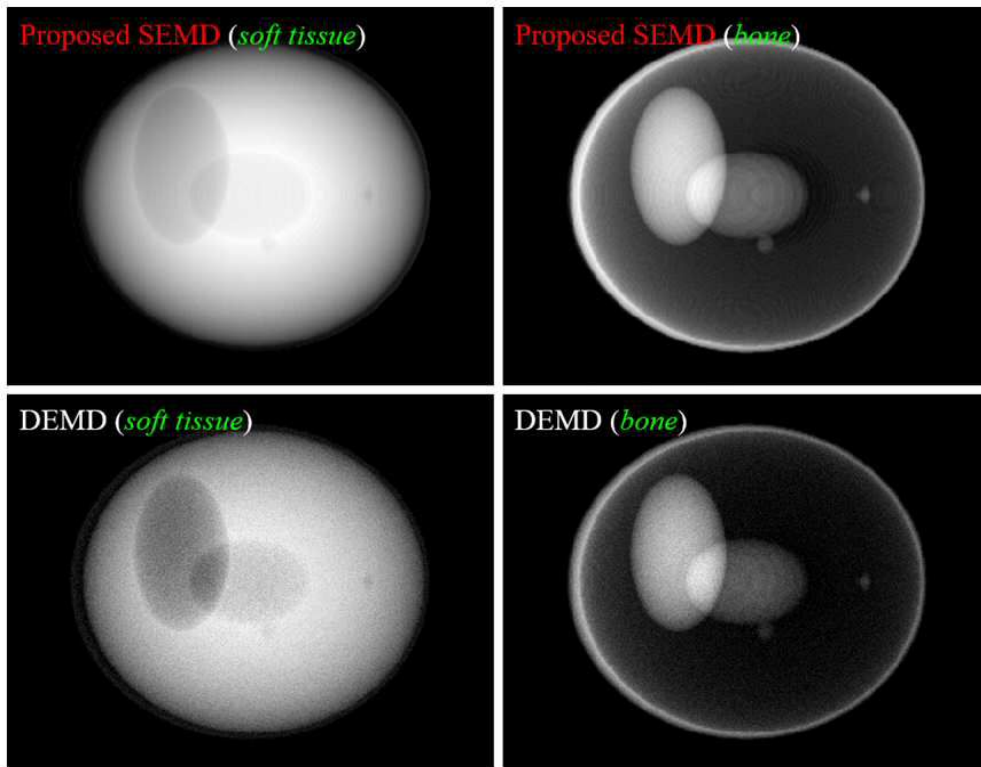


도면6b

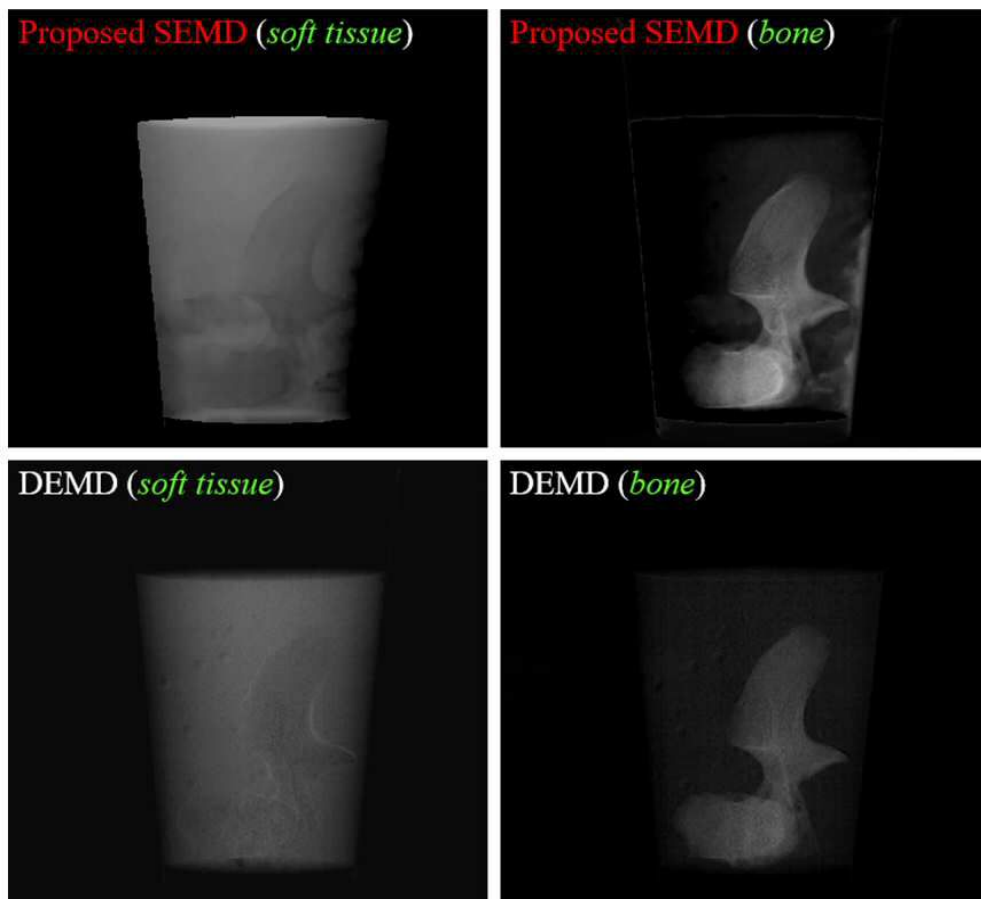




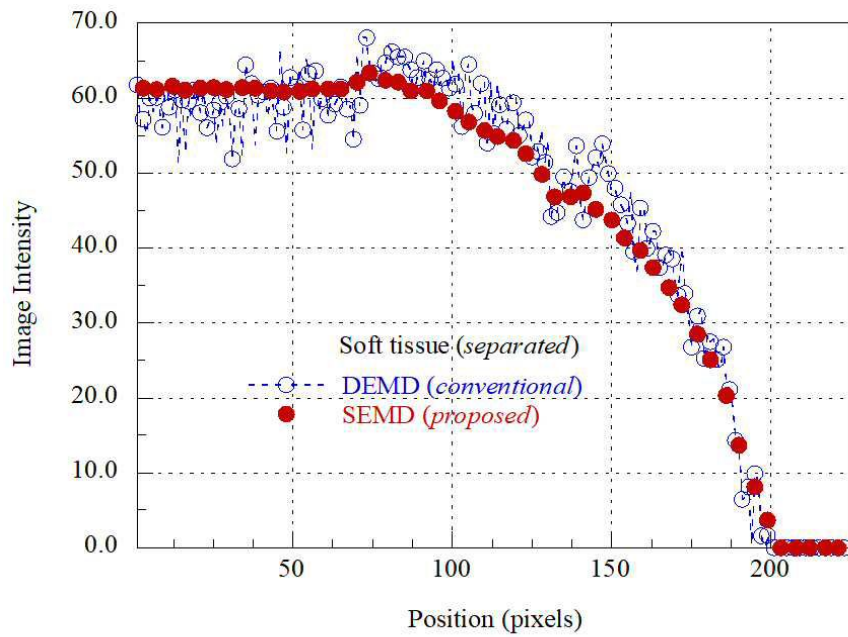
도면7a



도면7b

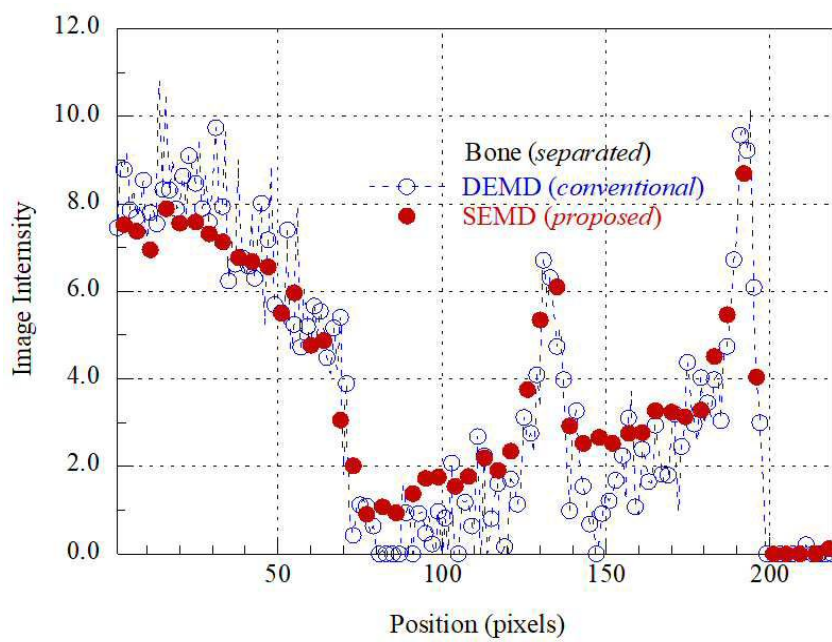


도면8a



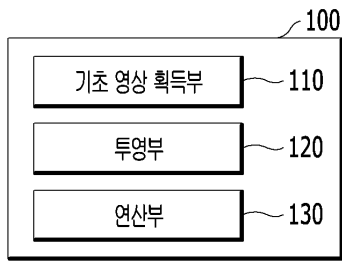
(a)

도면8b



(b)

도면9



도면10

