



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0140641
(43) 공개일자 2019년12월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2006.01) G06T 5/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/4085 (2013.01)
A61B 6/4208 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0067381
(22) 출원일자 2018년06월12일
심사청구일자 2018년06월12일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이호
서울특별시 서대문구 연세로 50-1(신촌동)
(74) 대리인
특허법인우인

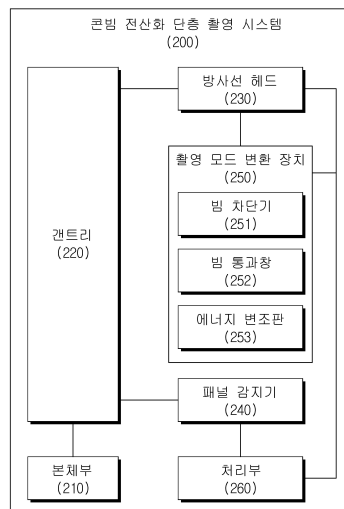
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 이진 이동 변조 차단기를 이용하여 듀얼 에너지 방식으로 동작하는 단일 소스 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템

(57) 요약

본 실시예들은 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, 복수의 스트립을 삽입하지 않은 고 에너지 빔에 의한 제2 촬영 모드, 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔에 의한 제3 촬영 모드를 방사선 빔이 꺼진 시간에 변경하고, 방사선 빔이 켜진 시간에 촬영 모드를 유지하여 획득한 프로젝션 데이터의 산란 맵을 추정함으로써, 단일 에너지 광원이 구비된 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템에 대하여 듀얼 에너지 방식으로 X선 촬영이 가능하고 한 번의 스캔으로 X선 영상에서 X선 산란 현상을 정확하게 제거할 수 있는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템 및 촬영 모드 변환 장치를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 6/5205 (2013.01)

A61B 6/54 (2013.01)

G06T 5/002 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017M2A2A6A01070330

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 방사선기술개발사업

연구과제명 차세대 영상유도 방사선 치료를 위한 고속 고화질 단일선원 이중에너지 콘빔 CT 영상화 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2017.09.21 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

콘빔 전산화 단층 촬영(Cone-Beam Computed Tomography) 시스템에 있어서,

본체부(Body);

상기 본체부에 연결되며 상기 본체부에 대해 적어도 일 방향으로 회전 가능하도록 형성된 갠트리(Gantry);

상기 갠트리에 연결되며 피검사체에 방사선 빔을 조사하는 방사선 헤드(Radiation Head);

상기 갠트리에 연결되며 상기 피검사체를 투과한 방사선 빔을 감지하여 복수의 프로젝션(Projection) 데이터를 획득하는 패널 감지기(Panels Detector);

상기 방사선 헤드에 장착되며 상기 방사선 헤드 및 상기 패널 감지기 간의 경로에 위치하여 (i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않은 제2 촬영 모드, 및 (iii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않고 고 에너지 변조판을 삽입한 제3 촬영 모드 중에서 하나의 촬영 모드로 변경하는 촬영 모드 변환 장치; 및

상기 복수의 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵을 추정하여 재구성 영상을 생성하는 처리부(Processor)

를 포함하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 방사선 헤드는 단일 에너지 광원을 통해 상기 방사선 빔을 조사하고,

상기 촬영 모드 변환 장치는 (i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 에너지 변조판을 삽입하지 않고 고 에너지 빔을 형성하거나 (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔을 형성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 패널 감지기는,

(i) 상기 제1 촬영 모드에서 스트라이프 패턴을 갖는 음영 영역(Shaded Region) 및 비음영 영역(Unshaded Region)을 포함하는 제1 프로젝션 데이터를 획득하고, (ii) 상기 제2 촬영 모드에서 고 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제2 프로젝션 데이터를 획득하고, (iii) 상기 제3 촬영 모드에서 저 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제3 프로젝션 데이터를 획득하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 방사선 헤드는 상기 갠트리가 회전하는 동안에, 기 설정된 온오프 주기에 따라 상기 방사선 빔을 켜고 끄는 동작을 반복하며,

상기 패널 감지기는 상기 방사선 빔이 켜진 시구간마다 상기 제1 프로젝션 데이터, 상기 제2 프로젝션 데이터, 또는 상기 제3 프로젝션 데이터를 선택적으로 획득하여 스캔하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 촬영 모드 변환 장치는,

상기 복수의 스트립을 갖는 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판을 배치한 홀더; 및

상기 홀더를 이동시키는 구동부를 포함하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 촬영 모드 변환 장치는,

상기 방사선 빔이 꺼진 시구간에 상기 홀더에 배치된 상기 빔 차단기, 상기 빔 통과창, 및 상기 에너지 변조판 중에서 하나를 다른 하나로 변경하여 상기 방사선 빔의 진행 경로에 위치시키고,

상기 방사선 빔이 켜진 시구간에 상기 홀더의 위치를 유지하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 구동부는 상기 홀더를 선형 운동, 회전 운동, 왕복 운동, 또는 이들의 조합으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵(Scatter Map), 상기 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵, 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵을 추정하여 상기 재구성 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제1 프로젝션 데이터에 포함된 상기 음영 영역에서의 산란 데이터를 이용하여 상기 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵을 추정하여 생성하고, 상기 획득한 프로젝션 데이터의 순서에 따라 상기 제2 프로젝션 데이터 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 인접한 두 개의 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵들을 이용하여 상기 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵을 추정하여 생성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제1 프로젝션 데이터에 포함된 상기 음영 영역에서의 산란 데이터를 기반으로 큐빅 스플라인 보간법을 이용하여 상기 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵을 추정하여 생성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵은 상기 제2 프로젝션 데이터 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 인접한 두 개의 제1 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵들로부터 상

기 두 개의 제1 프로젝션 데이터로부터의 거리에 기반한 가중치 합을 이용하여 산출되는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제2 프로젝션 데이터에서 상기 제2 산란 맵을 차감하고 상기 제3 프로젝션 데이터에서 상기 제3 산란 맵을 차감하여 산란 보정 데이터(Scatter Corrected Data)를 생성하고, 복원 알고리즘을 이용하여 상기 산란 보정 데이터로부터 상기 재구성 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 처리부는,

상기 제2 프로젝션 데이터 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 대하여 상기 복원 알고리즘에 비지역적 가중치가 적용하여 상기 재구성 영상의 노이즈를 제거하는 과정을 반복하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 갠트리의 회전 속도, 상기 갠트리의 회전각, 및 상기 패널 감지기의 프레임 레이트의 관계로부터 상기 패널 감지기가 획득하는 상기 복수의 프로젝션 데이터의 개수를 설정하고, 상기 방사선 빔의 허용 전력 및 허용 에너지의 범위 내에서 상기 방사선 빔의 에너지, 프레임별 표준 전류, 프레임별 노출 시간을 설정하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템.

청구항 15

콘빔 전산화 단층 촬영(Cone-Beam Computed Tomography) 시스템에 의한 콘빔 전산화 단층 촬영 방법에 있어서,

상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 방사선 헤드는 단일 에너지 광원을 통해 방사선 빔을 조사하고, 상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 갠트리가 회전하는 동안에 기 설정된 온오프 주기에 따라 상기 방사선 빔을 켜고 끄는 동작을 반복하는 단계;

상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 방사선 헤드 및 상기 패널 감지기 간의 경로에 위치하여 (i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않은 제2 촬영 모드, 및 (iii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입한 제3 촬영 모드 중에서 하나의 촬영 모드로 변경하는 단계;

상기 피검사체를 투과한 방사선 빔을 감지하여 복수의 프로젝션(Projection) 데이터를 획득하는 단계; 및

상기 복수의 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵을 추정하여 재구성 영상을 생성하는 단계

를 포함하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 촬영 모드로 변경하는 단계는,

(i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 에너지 변조판을 삽입하지 않고 고 에너지 빔을 형성하거나 (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔을 형성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 복수의 프로젝션 데이터를 획득하는 단계는,

(i) 상기 제1 촬영 모드에서 스트라이프 패턴을 갖는 음영 영역(Shaded Region) 및 비음영 영역(Unshaded Region)을 포함하는 제1 프로젝션 데이터를 획득하고, (ii) 상기 제2 촬영 모드에서 고 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제2 프로젝션 데이터를 획득하고, (iii) 상기 제3 촬영 모드에서 저 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제3 프로젝션 데이터를 획득하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 복수의 프로젝션 데이터를 획득하는 단계는,

상기 방사선 빔이 켜진 시구간마다 상기 제1 프로젝션 데이터, 상기 제2 프로젝션 데이터, 또는 상기 제3 프로젝션 데이터를 선택적으로 획득하여 스캔하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 재구성 영상을 생성하는 단계는,

상기 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵(Scatter Map), 상기 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵, 및 상기 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵을 추정하여 상기 재구성 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법.

청구항 20

복수의 스트립을 갖는 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판을 배치한 홀더; 및

상기 홀더를 이동시키는 구동부를 포함하는 촬영 모드 변환 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 실시예가 속하는 기술 분야는 빔의 에너지를 변조하고 빔의 일부를 차단하여 획득한 검출 데이터의 산란을 보정하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 콘빔 전산화 단층 촬영 (Cone Beam Computed Tomography, CBCT) 시스템은 기존의 일반 CT 촬영과 비교하여, 방사선 조사량이 상대적으로 적고 짧은 시간 동안 촬영하여 영상을 획득할 수 있다. 그러나 CBCT는 피검사체(예를 들면, 환자의 몸)에 X선이 조사될 때 발생하는 산란 현상으로 인하여 영상의 품질이 열화되는 문제가 있다. 이러한 X선의 산란 현상을 제거하고 영상의 품질을 개선하는 방식 중에 빔 차단기(Beam Blocker)를 사용하는 방식이 있다.

[0004] 비특허문헌1은 두 번의 스캔을 수행하여 영상 품질을 개선한다. 한 번의 스캔 과정에서 빔 차단기를 삽입하지 아니하고 검출 대상 물체로부터 X선 영상을 획득한다. 다른 한 번의 스캔 과정에서 빔 차단기를 삽입하여 그늘진 영역이 포함된 X선 영상을 획득하고 이로부터 산란 영상을 획득한다. 최종적으로 빔 차단기를 삽입하지 아니하고 획득한 X선 영상에서 산란 영상을 제거함으로써, 산란 현상이 제거된 영상을 획득한다. 이러한 방식은 총 두 번의 스캔을 수행하여 피검사체가 받는 방사선량이 증가하고 시간이 오래 걸리는 문제점이 있다.

[0005] 비특허문헌2는 한 번의 스캔만으로 산란 영상을 획득한다. 이러한 방식은 슬릿을 갖는 빔 차단기를 일정한 속도로 이동시켜 프로젝션의 차단 영역을 이용하여 산란 영상을 획득하고, 프로젝션의 비차단 영역에서 산란 영상을

제거하여 산란이 제거된 영상을 획득한다. 이러한 방식은 풀 팬 모드(Full-Fan Mode)에서 동작하며, 검출기가 갠트리의 회전축에 대칭하여 좌우로 넓게 설치되어야 하는 문제가 있다. 하프 팬 모드(Half-Fan Mode)로 확장시키려면, 갠트리가 회전하는 동안 검출기의 차단 영역이 계속 변하기 때문에, 매 프로젝션마다 차단 영역 및 비 차단 영역의 위치 이동을 파악하는 전처리 과정이 추가로 필요하다. 게다가, 이러한 방식은 빔 차단기가 지연 시간 없이 계속하여 이동하기 때문에, 차단 영역 또는 비차단 영역에서 과다 노출된 데이터가 원본 영상 또는 산란 영상과 시간적으로 잔상이 생기는 이미지 래그(Image Lag)가 발생하는 문제가 있다.

- [0006] 따라서, 하프 팬 모드에서도 동작하며 산란 현상을 효율적으로 제거하여 복원된 영상의 품질을 향상시킬 수 있는 CBCT가 필요한 실정이다.
- [0007] CBCT는 서로 다른 에너지 준위를 갖는 X선을 방사하여 영상정보를 획득하는 듀얼 에너지 방식으로 동작할 수 있다.
- [0008] 듀얼 에너지 방식으로 동작하는 CBCT는 고속 스위칭(Fast kV Switching) 방식, 듀얼 소스(Dual Source) 방식, 이중 디텍터(Sandwich Detector) 방식, 교번 회전(Alternating Rotation) 방식 등이 있다.
- [0009] 고속 스위칭 방식은 갠트리를 회전시키면서 고 에너지 빔과 저 에너지 빔을 계속 스위칭한다. 광원이 에너지 준위를 주기적으로 변경하며, 최대 에너지 준위를 갖는 구간에서 고 에너지 촬영을 하고, 최소 에너지 준위를 갖는 구간에서 저 에너지 촬영을 한다. 이러한 방식은 최대 에너지 준위까지 도달하기 위한 시간과 최저 에너지 준위까지 도달하기 위한 시간이 필요하고, 광원 자체가 에너지 준위를 조절할 수 있어야 한다.
- [0010] 듀얼 소스 방식은 X선을 방사하는 소스(Source)를 2개로 구비하여 서로 다른 각도에서 촬영을 하는 방식으로 고가의 광원을 복수로 구비해야 한다.
- [0011] 이중 디텍터 방식은 2개의 층으로 형성된 디텍터에서 하이 에너지 데이터와 로우 에너지 데이터를 획득하는 방식이다. 이중 디텍터 방식도 2대의 디텍터를 구비해야 하므로 가격이 고가이다.
- [0012] 교번 회전방식은 갠트리의 회전 시마다 하이 에너지와 로우 에너지로 변경하는 방식으로, 첫 번째 회전시 하이 에너지 데이터를 얻고, 두 번째 회전시 로우 에너지 데이터를 획득하며, 환자의 움직임으로 인해 영상 품질이 저하될 수 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

- [0013] (비특허문헌 0001) Zhu L, Xie Y, Wang J and Xing L, 2009, Scatter correction for cone-beam CT in radiation therapy, Medical Physics 36 2258-68.
- (비특허문헌 0002) Ouyang L, Song K and Wang J, 2013, A moving blocker system for cone-beam computed tomography scatter correction, Medical Physics 40 071903.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 실시예들은 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드에서 획득한 제1 프로젝션 데이터의 산란 맵로부터 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않은 고 에너지 빔에 의한 제2 촬영 모드에서 획득한 제2 프로젝션 데이터의 산란 맵 및 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔에 의한 제3 촬영 모드에서 획득한 제3 프로젝션 데이터의 산란 맵을 추정함으로써, 단일 에너지 광원을 구비한 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템에 대하여 듀얼 에너지 방식으로 X선 촬영이 가능하고 한 번의 스캔으로 X선 영상에서 X선 산란 현상을 정확하게 제거하는데 발명의 주된 목적이 있다.
- [0015] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 콘빔 전산화 단층 촬영(Cone-Beam Computed Tomography) 시스템에 있어서, 본체부(Body), 상기 본체부에 연결되며 상기 본체부에 대해 적어도 일 방향으로 회전 가능하도록 형성된 갠트리(Gantry), 상기 갠트리에 연결되며 피검사체에 방사선 빔을 조사하는 방사선 헤드(Radiation Head), 상기 갠트리에 연결되며 상기 피검사체를 투과한 방사선 빔을 감지하여 복수의 프로젝션(Projection) 데이터를 획득하는 패널 감지기(Panels Detector), 상기 방사선 헤드에 장착되며 상기 방사선 헤드 및 상기 패널 감지기 간의 경로에 위치하여 (i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않은 제2 촬영 모드, 및 (iii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입한 제3 촬영 모드 중에서 하나의 촬영 모드로 변경하는 촬영 모드 변환 장치 및 상기 복수의 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵을 추정하여 재구성 영상을 생성하는 처리부(Processor)를 포함하는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템을 제공한다.

[0017] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 콘빔 전산화 단층 촬영(Cone-Beam Computed Tomography) 시스템에 의한 콘빔 전산화 단층 촬영 방법에 있어서, 상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 방사선 헤드는 하나의 광원을 통해 방사선 빔을 조사하고, 상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 갠트리가 회전하는 동안에 기 설정된 온오프 주기에 따라 상기 방사선 빔을 켜고 끄는 동작을 반복하는 단계, 상기 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 방사선 헤드 및 상기 패널 감지기 간의 경로에 위치하여 (i) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, (ii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않은 제2 촬영 모드, 및 (iii) 상기 방사선 빔의 진행 경로에 상기 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입한 제3 촬영 모드 중에서 하나의 촬영 모드로 변경하는 단계, 상기 피검사체를 투과한 방사선 빔을 감지하여 복수의 프로젝션(Projection) 데이터를 획득하는 단계, 및 상기 복수의 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵을 추정하여 재구성 영상을 생성하는 단계를 포함하는 콘빔 전산화 단층 촬영 방법을 제공한다.

[0018] 본 실시예의 또 다른 측면에 의하면, 복수의 스트립을 갖는 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판을 배치한 홀더, 및 상기 홀더를 이동시키는 구동부를 포함하는 촬영 모드 변환 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0019] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드에서 획득한 제1 프로젝션 데이터의 산란 맵으로부터 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않은 고 에너지 빔에 의한 제2 촬영 모드에서 획득한 제2 프로젝션 데이터의 산란 맵 및 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔에 의한 제3 촬영 모드에서 획득한 제3 프로젝션 데이터의 산란 맵을 추정함으로써, 단일 에너지 광원을 구비한 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템에 대하여 듀얼 에너지 방식으로 X선 촬영이 가능하고 한 번의 스캔으로 X선 영상에서 X선 산란 현상을 정확하게 제거할 수 있는 효과가 있다.

[0020] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템을 예시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템을 예시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 광원을 회전시키고 촬영 모드를 변경하며 프로젝션 데이터를 획득하는 동작을 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 제1 촬영 모드에서 획득한 제1 프로젝션 데이터들의 산란 맵으로부터 제2 촬영 모드에서 획득한 제2 프로젝션 데이터의 산란 맵 및 제3 촬영 모드에서 획득한 제3 프로젝션 데이터의 산란 맵을 추정하는 동작을 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 획득한 제1 프로젝션 데이터, 제2 프로젝션 데이터, 및 제3 프로젝션 데이터를 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 제1 프로젝션 데이터를 획득하고 다시 제1 프로젝션 데이터를 획득하는 구간에서 복수의 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터를 획득하는 동작을 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 촬영 모드 변환 장치가 선행 이동하는 동작을 예시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템의 촬영 모드 변환 장치가 회전 이동하는 동작을 예시한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 방사선이 켜지고 꺼지는 시간을 고려하여 촬영 모드를 변경하는 시간을 예시적으로 설정한 것이다.

도 10 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 생성한 재구성 영상을 예시적으로 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0023] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 원추형으로 발산하는 X선을 조사에서 획득한 2차원 투시 영상에서 복수의 단층 영상을 한꺼번에 복원하는 장비이다. 1회전의 투사영상 측정만으로도 복수의 수평 단층 영상을 계산할 수 있어 피검사체의 3차원 구조를 고속으로 복원할 수 있다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 갠트리(110), 방사선 헤드(120), 패널 감지기(130)를 포함한다. 갠트리(110)는 방사선 헤드(120) 및 패널 감지기(130) 사이에 위치한 피검사체 주위를 360도 회전한다. 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 소정의 각도 간격으로 650장 정도의 2차원 영상을 촬영하고 이를 재구성한다.
- [0025] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 시야각(Field of View, FOV)의 크기에 따라 풀 팬 모드(Full-Fan Mode) 또는 하프 팬 모드(Half-Fan Mode)로 작동할 수 있다. 검출기의 크기가 피검사체의 해부학적 크기를 다 포함하지 못하면, 하프 팬 모드로 작동한다. 환자의 피폭 선량을 최소화하고 X선의 세기를 균등하게 하기 위해 X선 앞에 알루미늄 등으로 구성된 Bowtie 필터를 부착하여 영상을 획득하기도 한다.
- [0026] 도 2는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템을 예시한 블록도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 장치(100)는 본체부(210), 갠트리(220), 방사선 헤드(230), 패널 감지기(240), 촬영 모드 변환 장치(250), 및 처리부(260)를 포함한다. 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 도 2에서 예시적으로 도시한 다양한 구성요소들 중에서 일부 구성요소를 생략하거나 다른 구성요소를 추가로 포함할 수 있다. 예컨대, 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 방사선 상태 변환부, 펄스 생성기, 또는 이들의 조합을 추가로 포함할 수 있다.
- [0027] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 갠트리(220)를 일정한 회전 각도로 회전시키고, 방사선 헤드(230)가 조사한 방사선 빔이 피검사체를 투과하면 패널 감지기(240)가 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0028] 갠트리(220)는 본체부(210)에 연결되며 본체부(210)에 대해 적어도 일 방향으로 회전 가능하도록 형성된다. 갠트리(220)는 경사계 센서를 추가로 포함할 수 있다.
- [0029] 방사선 헤드(230)는 갠트리(220)에 연결되며 피검사체에 방사선 빔을 조사한다. 방사선 헤드(230)는 방사선 빔이 켜진 제1 방사선 상태 및 방사선 빔이 꺼진 제2 방사선 상태 간의 상태를 변환시키는 방사선 상태 변환부를 포함할 수 있다.
- [0030] 방사선 헤드(230)는 피검사체를 촬영하는 스캔 시간 동안 작동한다. 여기서, 스캔 시간은 방사선 빔이 켜진 방사선 온 시간 및 방사선 빔이 꺼진 방사선 오프 시간을 포함한다.
- [0031] 패널 감지기(240)는 갠트리(220)에 연결되며 피검사체를 투과한 방사선 빔을 감지하여 복수의 프로젝션(Projection) 데이터를 획득한다. 패널 감지기(240)는 촬영 모드 변환 장치(250)가 변경한 촬영 모드에서 프로젝션 데이터를 획득한다. 패널 감지기(240)는 제1 촬영 모드에서 제1 프로젝션 데이터를 획득하고, 제2 촬영 모드에서 제2 프로젝션 데이터를 획득하고, 제3 촬영 모드에서 제3 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0032] 촬영 모드 변환 장치(250)는 방사선 헤드(230)에 장착된다. 촬영 모드 변환 장치(250)는 방사선 헤드(230)가 회전할 때 함께 회전한다. 촬영 모드 변환 장치(250)는 방사선 헤드(230) 및 패널 감지기(240) 간의 방사선 빔의 경로에 위치한다.
- [0033] 촬영 모드 변환 장치(250)는 갠트리가 회전하는 동안 회전 각도마다 촬영 모드를 변경한다. 촬영 모드 변환 장

치(250)는 (i) 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입한 제1 촬영 모드, (ii) 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않은 제2 촬영 모드, 및 (iii) 방사선 빔의 진행 경로에 복수의 스트립을 삽입하지 않고 에너지 변조판을 삽입한 제3 촬영 모드 중에서 하나의 촬영 모드로 변경한다.

[0034] 예컨대, 갠트리가 회전하는 동안 제1 촬영 모드 → 제2 촬영 모드 → 제3 촬영 모드 → 제1 촬영 모드 순서로 변경할 수도 있고, 제1 촬영 모드 → 제2 촬영 모드 → 제3 촬영 모드 → 제2 촬영 모드 → 제3 촬영 모드 → 제1 촬영 모드로 변경할 수도 있다. 제1 촬영 모드 내지 제3 촬영 모드는 갠트리가 회전하는 동안 회전 각도마다 다양한 순서로 변경될 수 있다.

[0035] 촬영 모드 변환 장치(250)는 빔 차단기(251), 빔 통과창(252), 및 에너지 변조판(253)을 포함한다. 빔 차단기(251), 빔 통과창(252), 및 에너지 변조판(253)은 홀더에 형성되거나 부착된다. 촬영 모드 변환 장치(250)는 제1 촬영 모드에서 빔 차단기(251)를 방사선 빔의 진행 경로에 위치시키고 방사선 헤드(230)가 방사선 빔을 조사한다. 촬영 모드 변환 장치(250)는 제2 촬영 모드에서 빔 통과창(252)를 방사선 빔의 진행 경로에 위치시키고 방사선 헤드(230)가 방사선 빔을 조사한다. 촬영 모드 변환 장치(250)는 제3 촬영 모드에서 에너지 변조판(253)을 방사선 빔의 진행 경로에 위치시키고 방사선 헤드(230)가 방사선 빔을 조사한다.

[0036] 빔 차단기(251)는 리드 스트립(Lead Strip) 차단부와 비차단부를 포함한다. 스트립은 기 설정된 간격으로 이격된 복수의 슬릿으로 형성될 수 있다. 스트립 차단부 및 비차단부는 교대로 배치되어 방사선 빔을 차단하거나 통과시킬 수 있다.

[0037] 빔 통과창(252)은 방사선 빔을 그대로 통과시키는 프레임이다. 실제로는 홀더에 빔 차단기(251)와 에너지 변조판(253)을 이격하여 배치하는 구조로 빔 통과창(252)을 형성할 수도 있고, 홀더를 관통하여 빔 통과창(252)을 형성할 수도 있다.

[0038] 에너지 변조판(253)은 방사선 빔의 에너지를 감쇄시킨다. 에너지 변조판(253)을 통과하면 광자(Photon)의 에너지 스펙트럼이 변화가 생긴다. 광자가 매질을 통과하게 되면 상호작용하면서 에너지가 감쇄하게 된다. 또한, 전방 산란(Forward Scatter)이 증가하고, 검출기에 도달하는 광자의 수가 감소하여 콘트라스트(Contrast)가 낮아지게 된다. 예컨대, 에너지 변조판(253)을 구리 2mm 두께로 형성하면, 평균에너지가 1/3로 줄어들게 되고 노이즈를 포함한 영상을 획득하게 된다.

[0039] 촬영 모드 변환 장치(250)는 갠트리(220)의 경사계 센서가 측정한 경사 각도 또는 엔코더가 측정한 회전 각도를 기반으로 갠트리(220)가 이동 또는 정지하는지 여부를 파악하여 촬영 모드를 변경한다. 즉, 촬영 모드 변환 장치(250)는 빔 차단기(251), 빔 통과창(252), 및 에너지 변조판(253) 중에서 하나를 선택하여 빔의 경로에 위치시킨다.

[0040] 처리부(260)는 복수의 프로젝션 데이터에 재구성 알고리즘을 적용하여 재구성 영상을 생성한다. 처리부(260)는 ART(Algebraic Reconstruction Technique), SART(Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique), DART(Directional Algebraic Reconstruction Technique), EM(Expectation Maximization), FBP(Filtered Backprojection), FDK(Feldkamp-Davis-Kress), Back Projection, CS-IR(Compressed Sensing-Based Iterative Reconstruction), TV(Total Variation) 등의 재구성 알고리즘으로 이용할 수 있다. FBP는 역투영법에서 발생하는 역투영 데이터의 번짐을 제거하기 위해서 필터를 먼저 처리하는 방식이다. 기존의 역투영법은 역투영상의 합산 후 필터 처리를 하는 반면에, 필터보정 역투영법은 투영영상에 대해서 필터 처리를 한 다음 역투영한다. FDK는 FBP의 원리를 기본으로 하여 재구성하여, 연산 과정이 픽셀 하나하나 독립적으로 처리하는 방식이다.

[0041] 처리부(260)는 획득된 제1 프로젝션 데이터에서 빔 차단기(251)에 의하여 X선이 차단된 영역의 중간 부분의 영상 신호를 이용하여 보간 및 필터링을 거쳐 산란 영상을 생성한다.

[0042] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 반음영효과(Penumbra Effect)를 피하기 위하여, 빔 차단기(251)에 의하여 X선이 차단된 영역에서 차단된 영역의 에지 부분이 아닌 기 설정된 중간 부분에서의 영상 신호를 이용할 수 있다. 중간 부분에서의 영상신호를 이용하여 나머지 부분을 내삽(Interpolation) 또는 외삽(Extrapolation)하여 전체 산란 영상을 생성할 수 있다. 이때 노이즈를 제거하기 위하여 이동 평균 필터를 사용하여 내삽 또는 외삽하여 생성한 산란 영상을 처리한다.

[0043] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 X선 광원이 피검사체를 소정의 회전 속도를 가지고 회전하는 동안, 주기적으로 빔 차단기(251)를 X선 광원과 피검사체 사이의 경로에 삽입하였다가 제거한다.

[0044] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 빔 차단기(251)가 삽입된 상태에서 제1 프로젝션 데이터를 획득하고, 빔

차단기(251)가 제거된 상태에서 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터를 획득한다.

- [0045] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 획득된 제1 프로젝션 데이터에서 빔 차단기(250)에 의하여 X선이 차단된 영역의 중간 부분의 영상 신호를 이용하여 보간 및 필터링을 거쳐 산란 영상을 생성한다.
- [0046] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터로부터 앞뒤로 인접하여 획득된 제1 프로젝션 데이터에 대하여 각 생성된 적어도 두 개의 산란 영상을 합하여 평균 산란 영상을 생성할 수 있다. 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터에서 평균 산란 영상의 소정의 배수를 차감하여 산란 현상이 제거된 영상을 생성한다.
- [0047] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템(200)은 펄스 생성기를 추가로 포함할 수 있다. 펄스 생성기는 방사선 헤드(230) 및 촬영 모드 변환 장치(250)에 연결되며, 기 설정된 펄스 폭을 갖는 제어신호를 생성한다.
- [0048] 도 3은 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 광원을 회전시키고 촬영 모드를 변경하며 프로젝션 데이터를 획득하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0049] 단일 에너지 X선 광원이 일정한 각도로 회전하면서 X선을 조사한다. BMMB(Binary Moving Modulation Blocker), 즉, 촬영 모드 변환 장치가 X선 광원 및 피검사체 간의 경로에서 X선의 일부를 차단하거나 통과시키거나 에너지를 변조한다.
- [0050] 패널 감지기가 제1 촬영 모드에서 획득하는 제1 프로젝션 데이터는 음영 영역(Shaded Region) 및 비음영 영역(Unshaded Region)을 포함한다. 제1 프로젝션 데이터의 음영 영역은 스트라이프 패턴을 갖는다. 패널 감지기가 획득하는 제2 프로젝션 데이터 및 제2 프로젝션 데이터는 비음영 영역을 포함한다.
- [0051] 촬영 모드 변환 장치는 제2 촬영 모드에서 방사선 빔의 진행 경로에 에너지 변조판을 삽입하지 않고 고 에너지 빔을 형성한다. 패널 감지기는 제2 촬영 모드에서 고 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제2 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0052] 촬영 모드 변환 장치는 제3 촬영 모드에서 방사선 빔의 진행 경로에 에너지 변조판을 삽입하여 저 에너지 빔을 형성한다. 패널 감지기는 제3 촬영 모드에서 저 에너지 빔에 의한 비음영 영역을 포함하는 제3 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0053] 방사선 헤드는 갠트리가 회전하는 동안에, 기 설정된 온오프 주기에 따라 방사선 빔을 켜고 끄는 동작을 반복하며, 패널 감지기는 방사선 빔이 켜진 시구간마다 제1 프로젝션 데이터, 제2 프로젝션 데이터, 또는 제3 프로젝션 데이터를 선택적으로 획득하여 스캔한다. 도 4에서는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 획득한 제1 프로젝션 데이터, 제2 프로젝션 데이터, 및 제3 프로젝션 데이터가 예시되어 있다.
- [0054] 도 5는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 제1 촬영 모드에서 획득한 제1 프로젝션 데이터들의 산란 맵으로부터 제2 촬영 모드에서 획득한 제2 프로젝션 데이터의 산란 맵 및 제3 촬영 모드에서 획득한 제3 프로젝션 데이터의 산란 맵을 추정하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0055] 처리부는 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵(Scatter Map), 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵, 및 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵을 추정하여 재구성 영상을 생성한다.
- [0056] 처리부는 제1 프로젝션 데이터에 포함된 음영 영역에서의 산란 데이터를 이용하여 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵을 추정하여 생성한다. 처리부는 획득한 프로젝션 데이터의 순서에 따라 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터에 인접한 두 개의 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵들을 이용하여 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵 및 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵을 추정하여 생성한다.
- [0057] 처리부는 제1 프로젝션 데이터에 포함된 음영 영역에서의 산란 데이터를 기반으로 3차원 다항식을 사용하여 매끄러운 함수를 산출하는 큐빅 스플라인 보간법을 이용하여 제1 프로젝션 데이터에 관한 제1 산란 맵을 추정하여 생성한다. 제2 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵 및 제3 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵은 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터에 인접한 두 개의 제1 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵들의 평균을 이용하여 산출될 수 있다.
- [0058] 산란 맵은 v 방향에 대해 1-Dimensional Cubic B-Spline Interpolation을 적용하여 추정된다. X선 빔의 방향 및 스트립의 두께로 인한 Penumbra Effect를 피하기 위하여, 산란 맵을 추정할 때 스트립의 에지에 인접한 영역을 제외시킨다. 각각의 음영 영역의 일부(예컨대, 1/3) 중앙 영역에 존재하는 산란 데이터의 평균 값은 1-Dimensional Cubic B-Spline Interpolation의 대표 기준점으로 고려될 수 있다.

- [0059] 제2 프로젝션 데이터에 관한 제2 산란 맵 및 제3 프로젝션 데이터에 관한 제3 산란 맵은 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터에 인접한 두 개의 제1 프로젝션 데이터에 관한 산란 맵들로부터 두 개의 제1 프로젝션 데이터로부터의 거리에 기반한 가중치 합을 이용하여 산출될 수 있다.
- [0060] 처리부는 제2 프로젝션 데이터에서 제2 산란 맵을 차감하고 제3 프로젝션 데이터에서 제3 산란 맵을 차감하여 산란 보정 데이터(Scatter Corrected Data)를 생성하고, 복원 알고리즘을 이용하여 산란 보정 데이터로부터 재구성 영상을 생성할 수 있다.
- [0061] 처리부는 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터에 대하여 복원 알고리즘에 비지역적 가중치가 적용할 수 있다. 비지역적 가중치(Non-Local Weight)가 적용된 전체분산(Total Variation)에 관한 정규함수를 최소화하면서 재구성 영상의 노이즈를 제거하는 과정을 반복한다. 비지역적 가중치는 특정 영역이 아닌 전체 영상에 관하여 가중치를 설정하며 매끄러운 프로젝션을 획득할 수 있다.
- [0062] 처리부는 제1 프로젝션 데이터의 전체에 관한 산란 맵을 추정하여 생성하여, 백프로젝션(Backprojection)을 이용하여 3D 산란 볼륨(3D Scatter Volume)을 재구성할 수 있다. 백프로젝션은 각 방향에서 얻어진 투영영상의 값을 거꾸로 되돌려서 연속해서 합산하는 방식이다. 합산이 다 된 후에 전체 픽셀 값 중에서 가장 수치가 낮은 기본 값을 각각의 픽셀 값에서 뺀 다음 다시 픽셀들의 최소공배수 값으로 나누어 원래의 픽셀 값으로 재구성한다.
- [0063] 처리부는 3D 산란 볼륨을 리프로젝션(Reprojection)하여 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터의 전체에 관한 산란 맵을 추정하여 생성할 수 있다.
- [0064] 도 6은 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 제1 프로젝션 데이터를 획득하고 다시 제1 프로젝션 데이터를 획득하는 구간에서 복수의 제2 프로젝션 데이터 및 제3 프로젝션 데이터를 획득하는 동작을 예시한 도면이다.
- [0065] 갠트리가 회전하는 동안 제1 촬영 모드, 제2 촬영 모드, 제3 촬영 모드, 제1 촬영 모드, ... 순서로 변경할 수도 있고, 제1 촬영 모드, 제2 촬영 모드, 제3 촬영 모드, 제2 촬영 모드, 제3 촬영 모드, 제1 촬영 모드, ... 순서로 변경할 수도 있다.
- [0066] 이하에서는 도 7 및 도 8을 참조하여, 촬영 모드 변환 장치를 설명하기로 한다. 도 7은 촬영 모드 변환 장치가 선형 이동하는 동작을 예시하고, 도 8은 촬영 모드 변환 장치가 회전 이동하는 동작을 예시한다.
- [0067] 촬영 모드 변환 장치는 복수의 스트립을 갖는 빔 차단기(210), 빔 통과창(252), 및 에너지 변조판(253)을 배치한 홀더 및 홀더를 이동시키는 구동부를 포함한다.
- [0068] 구동부는 홀더를 선형 운동, 회전 운동, 왕복 운동, 또는 이들의 조합으로 이동시킬 수 있다. 구동부는 모터, 특히 스텝 모터로 구현될 수 있다. 홀더는 가이드 라인을 따라 이동할 수 있으며, 구동부는 체인, 벨트 등의 컨베이어를 통하여 동력을 전달하고 회전 운동을 직선 운동으로 변환하거나 회전 방향을 전환할 수 있다.
- [0069] 촬영 모드 변환 장치가 빔의 경로에 빔 차단기(210)를 위치시키고, 방사선 헤드가 방사선 빔을 조사하면 패널 감지기가 스프라이트 패턴을 갖는 제1 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0070] 촬영 모드 변환 장치가 빔의 경로에 빔 통과창(252)을 위치시키고, 방사선 헤드가 방사선 빔을 조사하면 패널 감지기가 고 에너지 빔에 의한 제2 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0071] 촬영 모드 변환 장치가 빔의 경로에 에너지 변조판(253)을 위치시키고, 방사선 헤드가 방사선 빔을 조사하면 패널 감지기가 저 에너지 빔에 의한 제3 프로젝션 데이터를 획득한다.
- [0072] 촬영 모드 변환 장치는 방사선 빔이 켜진 시구간에 홀더에 배치된 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판 중에서 하나를 다른 하나로 변경하여 방사선 빔의 진행 경로에 위치시킨다. 촬영 모드 변환 장치는 방사선 빔이 켜진 시구간에 홀더의 위치를 유지한다. 방사선 빔이 켜지거나 꺼진 시구간은 갠트리의 회전 각도와 매칭될 수 있다.
- [0073] 도 9는 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 방사선을 켜고 끄는 시간을 고려하여 촬영 모드 변환 장치가 촬영 모드를 변경하는 시간을 예시적으로 설정한 것이다.
- [0074] 촬영 모드 변환 장치는 갠트리가 회전하는 사이클 시간에 맞춰 작동한다. 여기서 사이클 시간은 촬영 모드를 유지하는 시간 및 촬영 모드를 변환하는 시간을 포함한다.
- [0075] 촬영 모드 변환 장치는 촬영 모드를 유지하는 시간을 방사선 온 시간에 매칭시키고, 촬영 모드를 변환하는 시간을 방사선 오프 시간보다 짧게 설정한다. 촬영 모드 변환 장치는 촬영 모드를 유지하는 시간 및 촬영 모드를 변

환하는 시간 간에 지연 시간을 포함시켜, 촬영 모드를 변환하는 시간 및 지연시간을 방사선 오프 시간에 매칭시킨다. 지연 시간은 제1 지연 시간 및 제2 지연 시간으로 구분될 수 있다.

- [0076] 펄스 생성기는 제1 지연 시간 및 제2 지연 시간을 동일한 시간 간격으로 설정하여 제어할 수 있다. 펄스 생성기는 촬영 모드를 유지하는 시간 및 촬영 모드를 변환하는 시간을 기준 시간 단위의 배수로 설정하여 제어할 수 있다.
- [0077] 촬영 모드 변환 장치는 펄스 생성기의 제어신호에 따라 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판을 이동 또는 정지시킨다.
- [0078] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 갱트리의 회전 속도, 갱트리의 회전각, 및 패널 감지기의 프레임 레이트의 관계로부터 패널 감지기가 획득하는 복수의 프로젝션 데이터의 개수를 설정하고, 방사선 빔의 허용 전력 및 허용 에너지의 범위 내에서 방사선 빔의 에너지, 프레임별 표준 전류, 프레임별 노출 시간을 설정할 수 있다.
- [0079] 프레임 레이트는 패널 감지기가 단위 시간당 프로젝션 데이터(프레임)를 획득하는 비율이다. 프레임 레이트는 5.5 frames/second로 설정될 수 있고, 방사선 빔의 허용 전력은 40 kW로 설정될 수 있고, 허용 에너지는 800 kJ로 설정될 수 있다. NominalmsPerFrame은 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 또는 160으로 설정될 수 있다. 1 프레임은 180 ms로 설정될 수 있다. 빔 차단기, 빔 통과창, 및 에너지 변조판으로 변경하는 시간은 100 ms로 설정될 수 있으나, 이는 예시일 뿐이며 이에 한정되는 것은 아니고 구현되는 설계에 따라 적합한 수치가 사용될 수 있다.
- [0080] 도 10 내지 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템이 생성한 재구성 영상을 예시적으로 도면이다.
- [0081] CT 영상은 3차원의 조직블록(Voxel)의 X선 감쇄(Attenuation)를 픽셀의 조합으로 된 2차원의 평면영상인 그레이스케일로 재구성하여 화면에 표시한다. CT는 일반적으로 100 kVp이상의 고 에너지를 사용하며, 콤프톤 산란이 주로 일어나므로 X선의 감쇄는 주로 조직의 밀도와 비례한다. 투과된 X선의 세기 값(Intensity Value)은 CT 계수(Hounsfield Unit, HU)로 표현한다.
- [0082] 이중 에너지 CT는 다른 에너지 준위의 두 X선(80 kV와 140 kV, 혹은 100 kV와 140 kV)이 특정 물질에서 일으키는 감쇄 정도의 차이가 있다는 사실에 착안하여 물질의 종류를 구분하는 원리를 이용하는 방식이다.
- [0083] 도 10의 (a)는 고 에너지 CBCT에서 빔 차단기를 사용하지 않고 220 개의 프로젝션에 대하여 FDK로 복원한 CT 영상이고, 도 10의 (b)는 저 에너지 CBCT에서 빔 차단기를 사용하지 않고 220 개의 프로젝션에 대하여 FDK로 복원한 CT 영상이다.
- [0084] 도 10의 (c)는 고 에너지 CBCT에서 BMMB를 사용하여 220 개의 프로젝션에 대하여 비지역적 가중치에 따라 FDK로 복원한 CT 영상이고, 도 10의 (d)는 저 에너지 CBCT에서 BMMB를 사용하여 220 개의 프로젝션에 대하여 비지역적 가중치에 따라 FDK로 복원한 CT 영상이다.
- [0085] 도 11의 (a)는 FDK로 복원한 CT 영상이고, 도 11의 (b)는 비지역적 가중치에 따라 FDK로 복원한 CT 영상이고, 도 11의 (c)는 MDCT 영상이다. 도 11에 도시한 바와 같이, 노이즈와 셰이딩 아티팩트가 제거된 선명한 CT 영상을 획득하는 것을 확인할 수 있다.
- [0086] 도 12의 (a)는 최대 세기 프로젝션에서 빔 차단기를 사용하지 않고 FDK로 복원한 영상이고, 도 10의 (b)는 최대 세기 프로젝션에서 BMMB를 사용하여 비지역적 가중치에 따라 FDK로 복원한 영상이다. 골격 구조를 보다 선명하게 복원하는 것을 확인할 수 있다.
- [0087] 도 12의 (c)는 최저 세기 프로젝션에서 빔 차단기를 사용하지 않고 FDK로 복원한 영상이고, 도 12의 (d)는 최저 세기 프로젝션에서 BMMB를 사용하여 비지역적 가중치에 따라 FDK로 복원한 영상이다. 셰이딩 아티팩트를 감소시키는 데 현저한 효과가 있음을 확인할 수 있다.
- [0088] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템에 포함된 구성요소들이 도 2에서는 분리되어 도시되어 있으나, 복수의 구성요소들은 상호 결합되어 적어도 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 구성요소들은 장치 내부의 소프트웨어적인 모듈 또는 하드웨어적인 모듈을 연결하는 통신 경로에 연결되어 상호 간에 유기적으로 동작한다. 이러한 구성요소들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호선을 이용하여 통신한다.
- [0089] 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템은 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 구현될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위

한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.

[0090] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

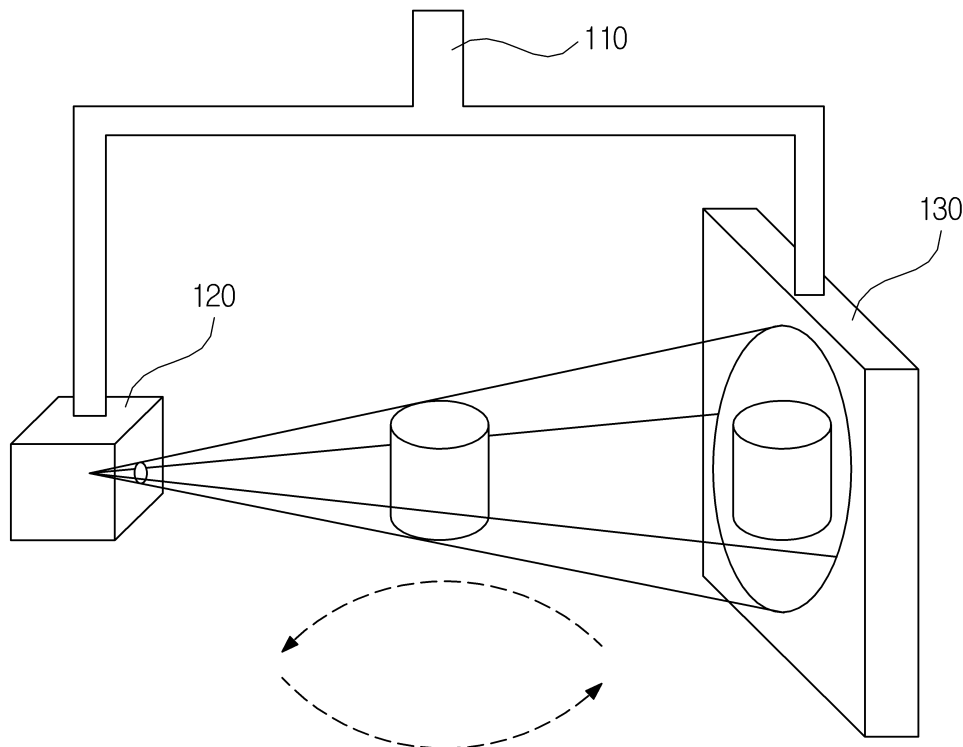
[0091] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

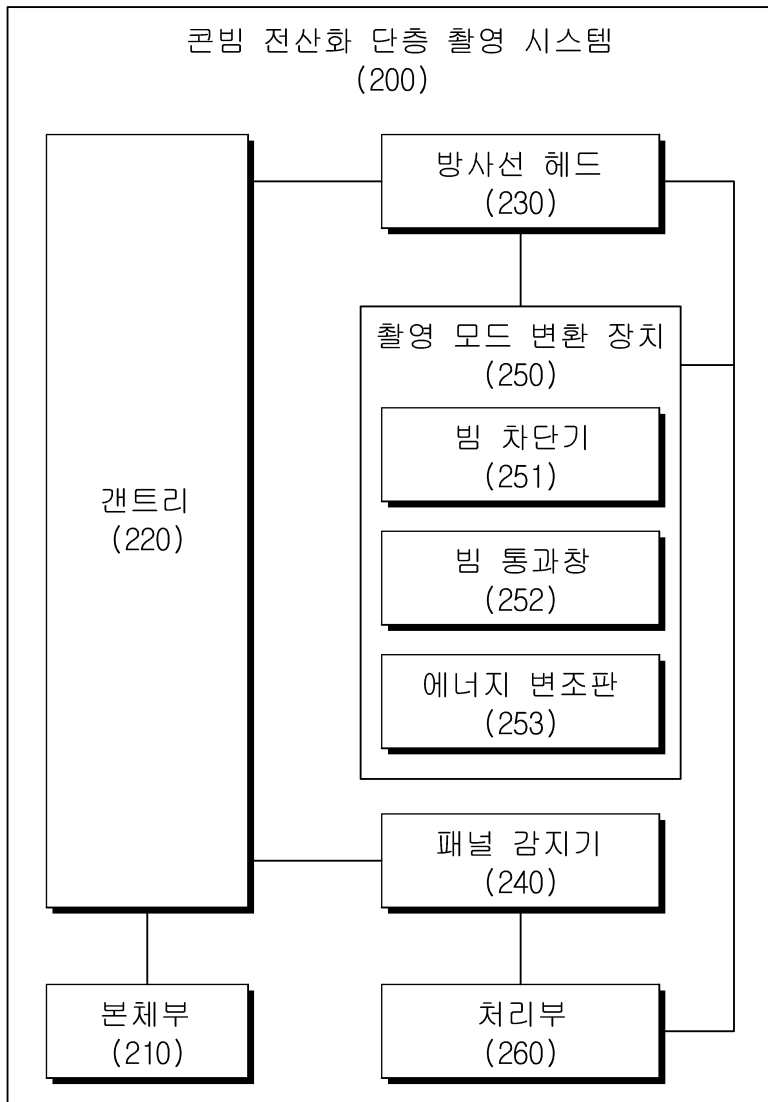
[0092] 200: 콘빔 전산화 단층 촬영 시스템
210: 본체부 220: 갠트리
230: 방사선 헤드 240: 패널 감지기
250: 촬영 모드 변환 장치 251: 빔 차단기
252: 빔 통과창 253: 에너지 변조판
260: 처리부

도면

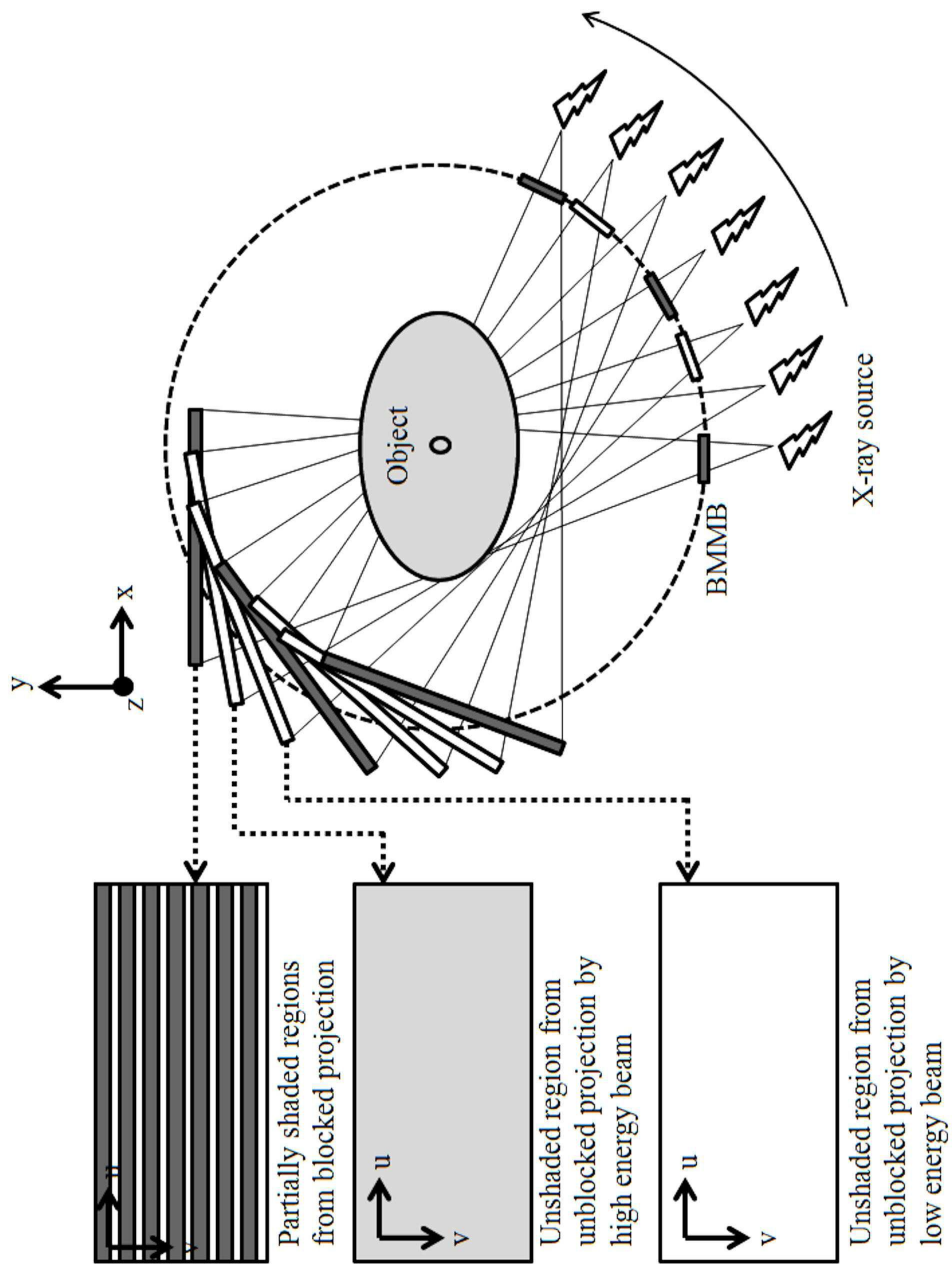
도면1



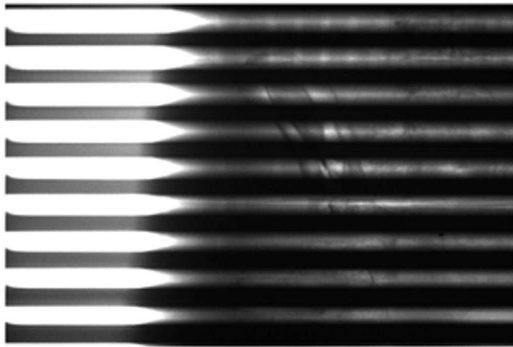
도면2



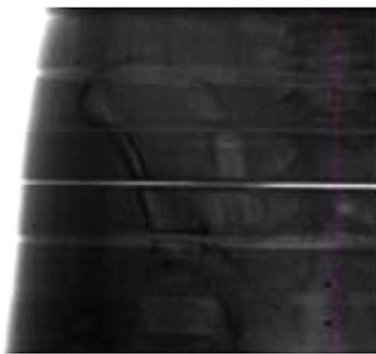
도면3



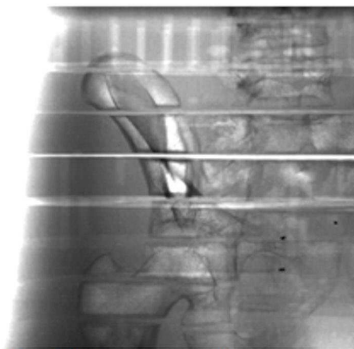
도면4



Partially Block with lead strips
(a)

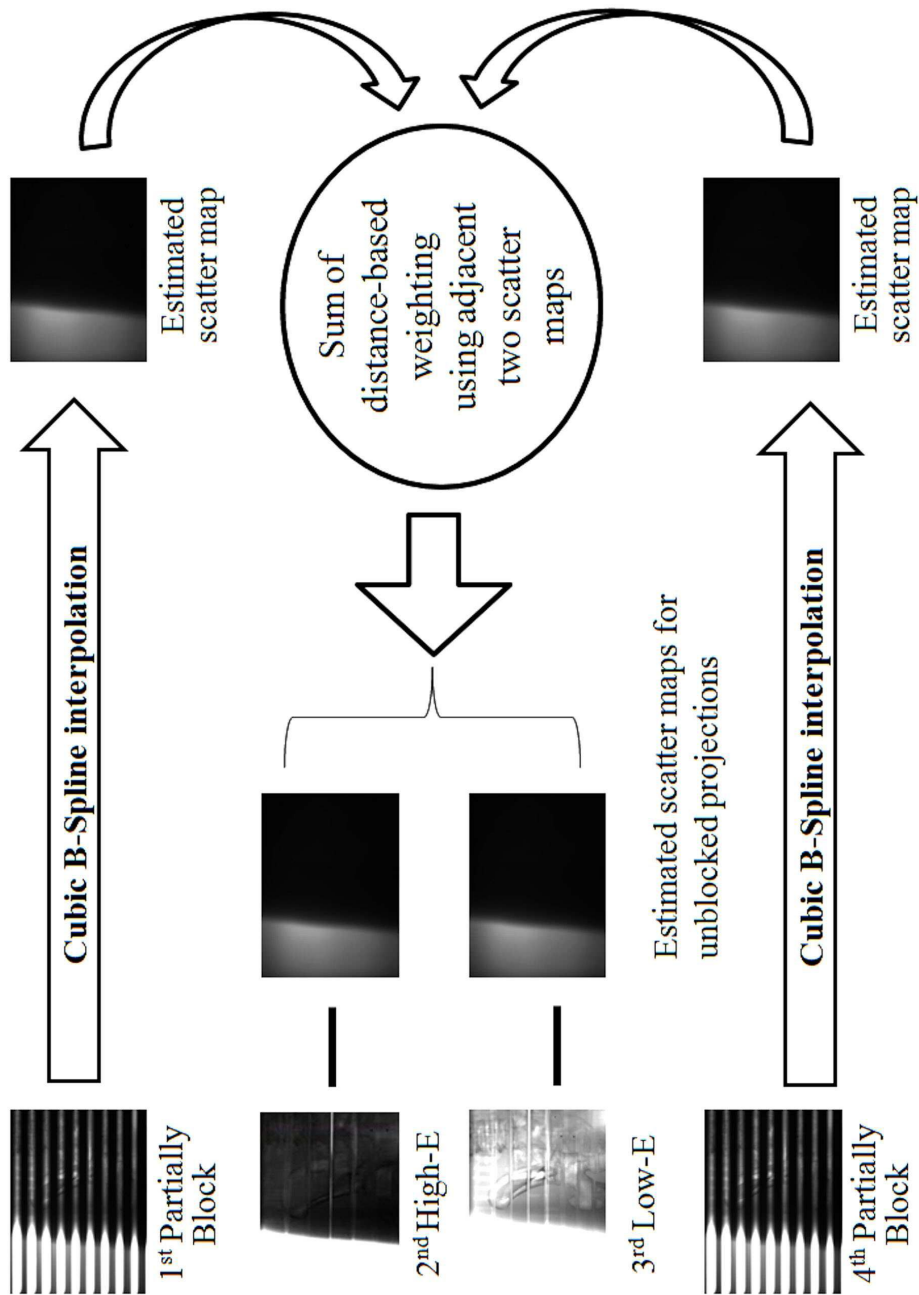


High-E without MB
(b)

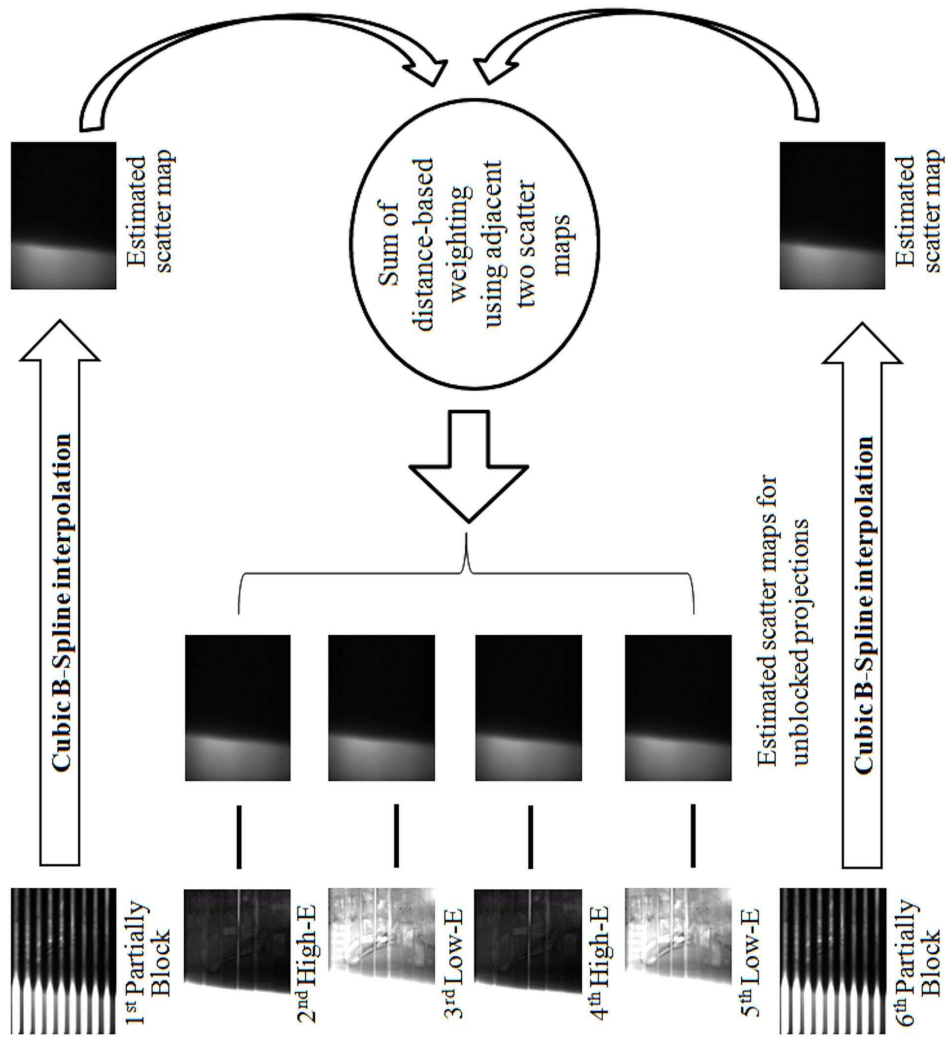


Low-E with copper plate
(c)

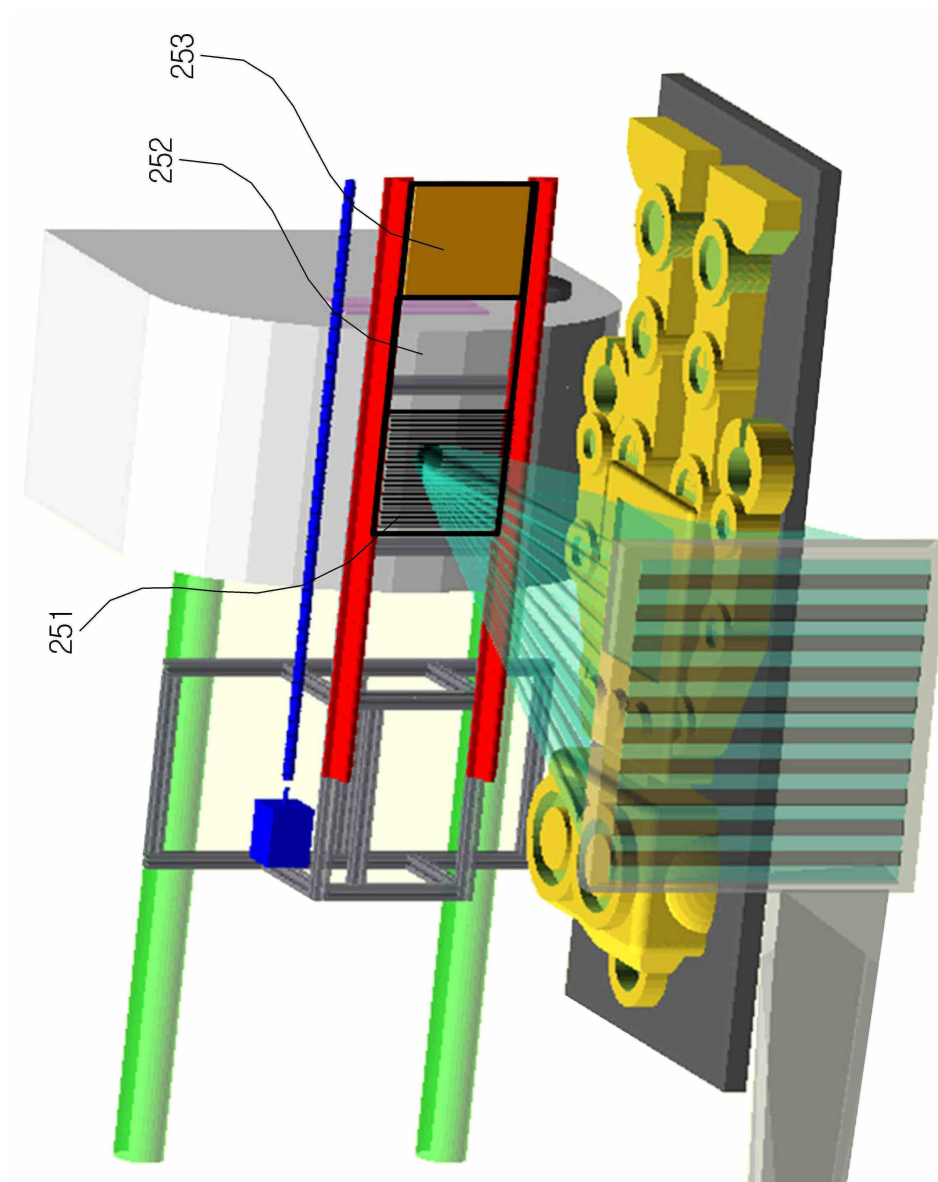
도면5



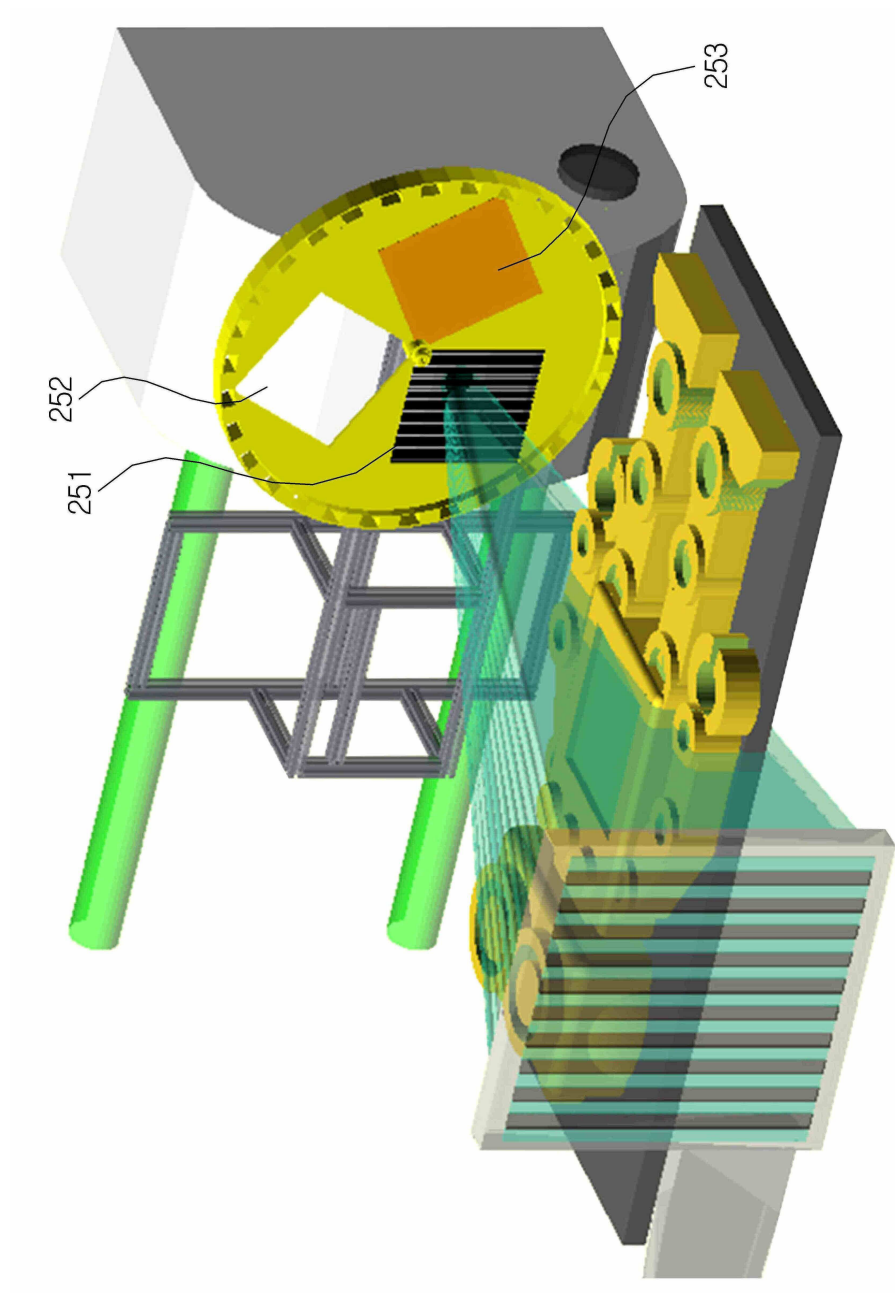
도면6



도면7



도면8



도면9

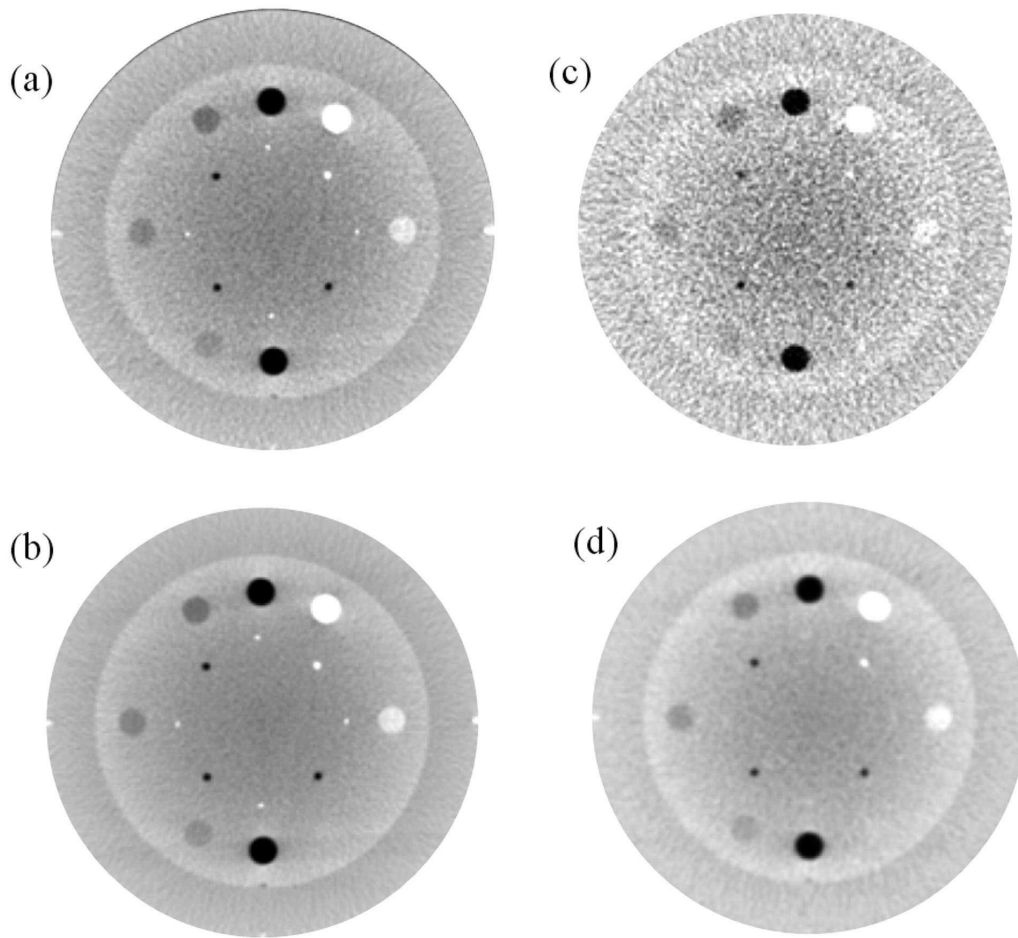
[illegible]

(a)

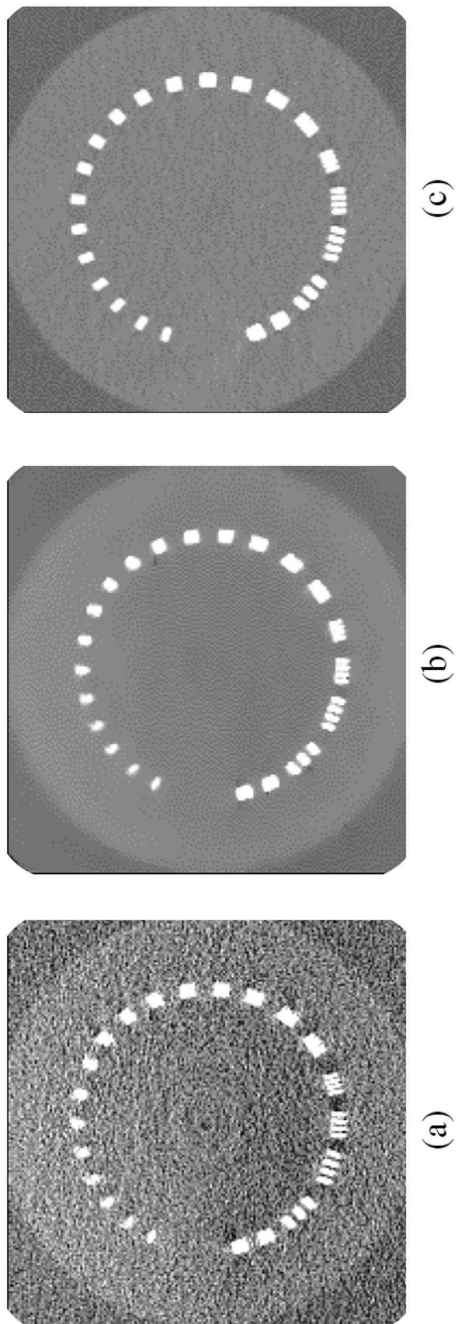
[illegible]

(9)

도면10



도면11



도면12

