



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월02일

(11) 등록번호 10-2260218

(24) 등록일자 2021년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/5205 (2013.01)

A61B 6/4035 (2020.08)

(21) 출원번호 10-2019-0086239

(22) 출원일자 2019년07월17일

심사청구일자 2019년07월17일

(65) 공개번호 10-2021-0009563

(43) 공개일자 2021년01월27일

(56) 선행기술조사문헌

KR101685005 B1

JP2012029720 A

JP2011206280 A

논문(S.Y.Park 외, Feasibility study on low-dosage digital tomosynthesis(DTS) using a multislit collimation technique., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A888(2018) pp.132-137 (2018.01.31. 공개)*)

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

박소영

충청남도 천안시 서북구 봉정로 366, 103동 1305호(두정동, 한성3차필하우스아파트)

김건아

광주광역시 남구 봉선로175번길 6, 202동 706호(봉선동, 봉선동 삼익아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유민규

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 유현석

(54) 발명의 명칭 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법

(57) 요약

고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법에 관한 것으로, 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치는 엑스선을 발생시키는 엑스선관, 상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 콜리메이터, 상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 사전 영상 생성부 및 상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 복원 영상 생성부를 포함할 수 있다.

대표도

(72) 발명자

조효성

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

서창우

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

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2019-51-0038

부처명 미래창조과학부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 방사선융합기술개발(기초)

연구과제명 초정밀 격자 기반 3차원 x-선 위상차 영상화 플랫폼 구축 및 그 응용기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 연세대학교 원주산학협력단

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치에 있어서,

엑스선을 발생시키는 엑스선관;

상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 콜리메이터;

상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 사전 영상 생성부; 및

상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 복원 영상 생성부,

를 포함하되,

상기 사전 영상 생성부는,

미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성하고,

상기 복원 영상 생성부는,

상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성하는 것인, 엑스선 영상 생성 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 엑스선관을 이동시키는 구동부,

를 더 포함하고,

상기 엑스선관은 미리 설정된 각도 범위로 상기 엑스선을 발생시키는 것인, 엑스선 영상 생성 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 슬릿의 폭은 픽셀크기, 픽셀수 및 확대율에 기초하여 수학식 1을 통해 결정되고,

[수학식 1]

$$w_{slit} = \frac{n_{colli} \cdot d}{M_{colli}}$$

여기서, w_{slit} 은 슬릿의 폭이고, d 는 상기 픽셀크기이고, n_{colli} 는 픽셀수이고, M_{colli} 는 확대율인 것인, 엑스선 영상 생성 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

컴퓨터로 구현되는 엑스선 영상 생성 장치에 의해 각 단계가 수행되는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법에 있어서,

엑스선을 발생시키는 단계;

상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 단계;

상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 단계; 및

상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 단계,

를 포함하되,

상기 사전 영상을 생성하는 단계는,

미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성하고,

상기 복원 영상을 생성하는 단계는,

상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성하는 것인, 엑스선 영상 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

엑스선관을 이동시키는 단계를 더 포함하고

상기 엑스선관은 미리 설정된 각도 범위로 상기 엑스선을 발생시키는 것인, 엑스선 영상 생성 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 슬릿의 폭은 픽셀크기, 픽셀수 및 확대율에 기초하여 수학식 2를 통해 결정되고,

[수학식 2]

$$w_{slit} = \frac{n_{colli} \cdot d}{M_{colli}}$$

여기서, w_{slit} 은 슬릿의 폭이고, d 는 상기 픽셀크기이고, n_{colli} 는 픽셀수이고, M_{colli} 는 확대율인 것인, 엑스선 영상 생성 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법 에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 1895년 뢰트겐에 의해 처음 발견된 엑스선은 피사체에 대한 투과력이 높기 때문에 오늘날 의료 및 산업 분야에 서 유용한 비파괴검사 수단으로 널리 사용되고 있다. 종래의 일반적인 엑스선 촬영은 엑스선이 피사체를 투과할 때 발생하는 흡수능의 차이를 이용하여 영상화하는 감약차 기반의 2차원 투영영상 기법이 개발된 바 있다. 또한, 투영영상의 원리적 한계인 ‘구조물의 겹침(즉, 깊이정보 상실)’ 을 극복하기 위해 다양한 3차원 단층촬영 기법들(예, 전산화단층촬영(computed tomography, CT), 디지털단층합성(digital tomosynthesis, DTS) 등)이 개발되어 또한 널리 사용되고 있다. 그러나 의료분야에서 표준 3차원 영상기법인 CT는 촬영 시요구되는 과도한 피폭선량으로 인한 2차 발병률이 높아 최근 사회적 이슈가 되고 있으며, 따라서 피폭선량 저감화 방안이 요구되는 실정이다.

[0003] 이에, X선 튜브와 환자 사이에 놓인 다중 슬릿 콜리메이터를 통해 환자에게 요구되는 엑스선을 부분적으로 차단 하여 방사선 량을 감소시키는 연구가 수행된 바 있으나, 엑스선 영상의 차단된 영역을 재구성하는 과정에서 불 완전한 공간 샘플링으로 인해 다중 슬릿 가장 자리 주변에서 심각한 밝은 밴드 아티팩트가 발현됨에 따라 재구 성된 엑스선 영상의 화질이 저하되어 임상에서 활용되기 어려운 문제점이 여전히 존재한다.

[0004] 본원의 배경이 되는 기술은 한국특허공개공보 제10-1685005호에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 사용자에게 요구되는 피폭선량을 저감시킬 수 있는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 본원은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 엑스선 영상 재구성시 밝은 밴드 아티팩트를 효 과적으로 최소화하여 영상 품질을 유지할 수 있는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장 치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0007] 다만, 본원의 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들도 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이 터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치는 엑스선을 발생시키는 엑스선관, 상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피 사체를 향해 조사하는 콜리메이터, 상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성 하는 사전 영상 생성부 및 상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상 에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 복원 영상 생성부를 포함할 수 있다.

[0009] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 엑스선관을 이동시키는 구동부를 더 포함하고, 상기 엑스선관은 미리 설정된 각도 범위로 상기 엑스선을 발생시킬 수 있다.

[0010] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 슬릿의 폭은 픽셀크기, 픽셀수 및 확대율에 기초하여 수학적 식 1을 통해 결정될 수 있다.

[0011] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 사전 영상 생성부는, 상기 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성할 수 있다.

[0012] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 복원 영상 생성부는, 상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통 해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가

극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성할 수 있다.

[0013] 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법은 엑스선을 발생시키는 단계, 상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 단계, 상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 단계 및 상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 엑스선관을 이동시키는 단계를 더 포함하고 상기 엑스선관은 미리 설정된 각도 범위로 상기 엑스선을 발생시킬 수 있다.

[0015] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 슬릿의 폭은 상기 검출부의 픽셀크기, 픽셀수 및 확대율에 기초하여 수학식 2를 통해 결정될 수 있다.

[0016] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 사전 영상을 생성하는 단계는, 상기 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성할 수 있다.

[0017] 본원의 일 실시예에 따르면, 상기 복원 영상을 생성하는 단계는, 상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성할 수 있다.

[0018] 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

[0019] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 사용자에게 요구되는 피폭선량을 저감시킬 수 있는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

[0020] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 엑스선 영상 재구성시 밝은 밴드 아티팩트를 효과적으로 최소화하여 영상 품질을 유지할 수 있는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 개념도이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 다중 슬릿의 예를 도시한 도면이다.

도 4는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 엑스선 발생 각도의 예를 도시한 도면이다.

도 5는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 사전 영상을 통한 엑스선 투영 영상의 보간의 예를 도시한 도면이다.

도 6은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 복원 영상 생성의 예를 도시한 도면이다.

도 7은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 엑스선 투영 영상, 사전 영상 및 복원 영상의 예를 도시한 도면이다.

도 8은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치에 의한 복원 영상의 픽셀값을 그래프로 도식화한 도면이다.

도 9는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 FBP 알고리즘

에 기초한 DTS 영상 재구성의 예를 도시한 도면이다.

도 10은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 투영 영상과 복원 영상을 도시한 도면이다.

도 11은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 CNR 수치로 영상 화질을 비교한 그래프를 도시한 도면이다.

도 12는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 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.
- [0023] 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"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0024] 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.
- [0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0026] 도 1은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 구성을 도시한 도면이고, 도 2는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 개념도이다.
- [0027] 엑스선 영상 생성 장치(100)는 사용자에게 조사되는 엑스선을 다중 슬릿 콜리메이터를 통해 일부 차단하고, 엑스선 투영 영상을 부분 샘플링한 디지털 단층 합성(digital tomosynthesis, 이하 DTS)을 통해 차단된 영역 복원하여 엑스선 투영 영상을 재구성할 수 있다. 도 1을 참조하면 엑스선 영상 생성 장치(100)는 엑스선관(110), 구동부(120), 콜리메이터(130), 사전 영상 생성부(140) 및 복원 영상 생성부(150)를 포함할 수 있다. 엑스선관(X-ray tube)(110)은 엑스선(x-ray)을 발생시킬 수 있고, 구동부(120)는 엑스선관(110)을 이동시킬 수 있다. 도 2를 참조하면, 엑스선관(110)은 구동부(120)에 의해 피사체의 영상을 촬영하는 스캔 방향을 따라 이동하면서 엑스선을 발생시킬 수 있다. 다른 예로, 엑스선관(110)은 스캔 경로에 대응하여 각 위치마다 엑스선을 발생시킬 수 있도록 연장된 형태로 마련될 수 있다.(예를 들어, 튜브 형태) 이 경우, 구동부(120)에 의한 엑스선관(110)의 이동이 생략될 수 있다.
- [0028] 콜리메이터(130)는 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체(1)를 향해 조사할 수 있고, 사전 영상 생성부(140)는 피사체(1)를 투과한 엑스선(3)을 검출하는 검출기를 포함할 수 있다. 콜리메이터(130)는 광원으로부터 발생된 광 즉, 엑스선관(110)으로부터 발생된 엑스선의 방향성 및 확산성을 한정할 수 있는, 집속기를 의미한다. 예시적으로 상기 콜리메이터(130)는 다중 슬릿을 포함하는 다중 슬릿 콜리메이터일 수 있다.
- [0029] 도 3은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 다중 슬릿의 예를 도시한 도면이다.
- [0030] 도 3에서 C(2/2)은 콜리메이터(130) 단면에서 2 픽셀 간격으로 엑스선을 차단하는 다중 슬릿을 나타내고, C(3/3)은 3픽셀 간격으로 엑스선을 차단하는 다중 슬릿을 나타낸다. 슬릿의 폭과 관계없이 콜리메이터가 다중 슬릿을 포함하는 경우, 콜리메이터(130)의 절반만 개방되고, 이에 따라 피사체(1)에게 요구되는 엑스선량이 50%로 감소될 수 있다. 본원의 일 실시예에 따르면, 엑스선 영상 생성 장치(100)는 완전 샘플링된 데이터(즉, 슬릿이 없는 100%의 엑스선에 기초한 엑스선 투영 영상)의 절반으로도 DTS 통한 엑스선 투영 영상의 재구성을 수행할 수 있다. 다중 슬릿의 폭은 검출기의 픽셀크기, 픽셀수, 및 확대율에 기초하여 수학적 식 1을 통해 결정될 수 있다.

[0031] [수학식 1]

$$w_{slit} = \frac{n_{colli} \cdot d}{M_{colli}}$$

[0032]

[0033] 여기서, w_{slit} 는 슬릿의 폭, d 는 픽셀크기, n_{colli} 은 픽셀수, M_{colli} 은 확대율을 나타낸다. 후술하는 설명에서는

픽셀수를 2, 3, 4로 설정하고, 확대율을 15로 설정하여 설명한다. 상기 설정에 따르면 픽셀수가 2인 C(2/2)의 다중 슬릿 콜리메이터의 폭은 26.4 μ m 이고, C(3/3)의 폭은 39.6 μ m 이고, C(4/4)의 폭은 52.8 μ m로 산출될 수 있다.

[0034] 도 4는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 엑스선 발생 각도의 예를 도시한 도면이다.

[0035] 도 4는 엑스선관(110)과 검출기의 기하학적 구조를 나타낸 모식도이며, 도 4를 참조하면, 엑스선관(110)은 미리 설정된 각도 범위로 엑스선을 발생시킬 수 있다. 구동부(120)는 엑스선관(110)이 미리 설정된 각도 범위 내에서 이동하도록 소정의 간격(예를 들어, 2도)으로 엑스선관(110)을 이동시킬 수 있다. 또한, 다중 슬릿 콜리메이터(130)는 엑스선관(110)과 피사체의 중심(pivot)(2) 사이에 고정적으로 위치할 수 있다.

[0036] 도 4는 미리 설정된 각도 범위가 $\pm 40^\circ$ 로 설정된 예를 도시한다. 또한 도 4를 참조하면, 엑스선관(110)과 피사체의 중심(2)간의 거리는 1000mm 이고, 피사체의 중심(2)과 검출기(검출기의 위치는 엑스선(3)이 검출되는 위치 일 수 있다.)간의 거리는 500 mm, 엑스선관과 다중슬릿 콜리메이터간의 거리는 100 mm로 설정하기로 한다. 사전 영상 생성부(140)는 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 엑스선에 기초하여 복수의 엑스선 투영 영상을 생성할 수 있다. 예시적으로, 미리 설정된 각도 범위($\pm 40^\circ$)에서 발생된 엑스선에 의해 사전 영상 생성부(140)에서 검출된 엑스선 투영 영상은 41장일 수 있다. 즉, 엑스선관(11)은 구동부(120)에 의해 미리 설정된 각도 범위에서 소정 간격에 의한 위치마다 엑스선을 발생시킬 수 있다. 예시적으로 미리 설정된 각도 범위가 $\pm 40^\circ$ 인 경우 엑스선관은 2° 씩 이동할 때마다 엑스선을 발생시킬 수 있으며, 사전 영상 생성부(140)는 2° 씩마다 엑스선 투영 영상을 생성할 수 있다. 본원의 일 실시예에 따르면, 엑스선을 발생시키는 제한된 각도 범위를 설정함에 따라, 엑스선 투영 영상의 촬영시간을 단축시킬 뿐만 아니라, 피사체(1)에게 요구되는 엑스선 선량을 감소시킬 수 있다.

[0037] 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 사전 영상을 통한 엑스선 투영 영상의 보간의 예를 도시한 도면이다.

[0038] 사전 영상 생성부(140)는 피사체(1)를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성할 수 있다. 구체적으로, 사전 영상 생성부(140)는 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환할 수 있다. 이후, 푸리에 변환된 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역(6)을 역 푸리에 변환하여 사전 영상을 생성할 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 엑스선관(11)에서 발생된 엑스선은 피사체를 노출하기 이전에 콜리메이터(130)의 다중 슬릿에 의해 일부 가려짐에 따라, 엑스선 투영 영상은 주기적인 다중 슬릿에 의해 변조될 수 있다. 즉, 다중 슬릿을 포함한 콜리메이터(130)는 엑스선 투영 영상에 대한 주파수 조절과 엑스선 차단역의 역할을 수행할 수 있다. 이때, 다중 슬릿에 의해 가려지는 차광 영역(4)은 사전 영상을 통해 보간될 수 있다. 구체적으로, 사전 영상은 차광 영역(4)(Blocked)과 비차광 영역(5)(Unblocked)을 모두 포함하는 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 제로 피크 영역(6)을 역 푸리에 변환하여 생성되는 영상으로 사인파의 성분을 포함할 수 있다. 즉, 연속성을 가지는 사전 영상의 특성을 활용하여 후술하는 복원 영상 생성부(150)에 의해 엑스선 투영 영상의 차광 영역(4)을 사전 영상에서 차광 영역에 대응하는 부분으로 보간되어 복원 영상이 생성될 수 있다.

[0039] 도 6은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 복원 영상 생성의 예를 도시한 도면이다.

[0040] 도 6을 참조하면, 복원 영상 생성부(150)는 다중 슬릿에 의해 차광된 엑스선 투영 영상(11)의 차광 영역을 사전 영상(10)에 기초하여 보간하여 복원 영상(12)을 생성할 수 있다. 복원 영상 생성부(150)는 복원 영상(12)을 생성하기 위해 사전 영상(10)과 엑스선 투영 영상(11)간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하는 과정이 선행될 수 있다. 사전 영상(10)은 엑스선 투영 영상(11)의 푸리에 변환과 역 푸리에 변환에 의해 생성된 것이므로, 엑스선 투영 영상(11)과 엑스선 강도의 차이가 존재한다. 따라서, 복원 영상 생성부(150)는 차광 영

역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값(6)을 통해 상기 사전 영상(10)과 엑스선 투영 영상(11)간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복할 수 있다.

[0041] 도 6을 참조하면, 엑스선 투영 영상(11)은 다중 슬릿 콜리메이터(130)에 의한 차광 영역에서 엑스선 강도가 0에 수렴한다. 이때, 사전 영상의 픽셀값을 이용하여 차광 영역을 보간할 경우, 영상의 화질을 확보하기 위해서는 엑스선 투영 영상(11)의 사인파와 유사한 연속성을 가지도록 보간할 필요가 있다. 따라서 복원 영상 생성부(150)는 엑스선 투영 영상(11)의 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 사전 영상(10)의 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값(6)으로 대체함으로써 엑스선 투영 영상(11)의 사인파와 유사한 연속성을 가지도록 엑스선 강도에 의한 단차가 극복될 수 있다. 복원 영상 생성부(150)는 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 사전 영상(10)에서 차광 영역에 대응하는 픽셀값(7)을 통해 차광 영역을 보간하여 복원 영상을 생성할 수 있다. 예시적으로 복원 영상 생성부(150)는 역과후 역투사(filtered-backprojection, 이하 FBP) 알고리즘에 기초하여 복원 영상을 생성할 수 있다.

[0042] 이하에서는 엑스선 영상 생성 장치의 유효성을 확인하기 위한 실험의 예를 설명한다.

[0043] 도 7은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 엑스선 투영 영상, 사전 영상 및 복원 영상의 예를 도시한 도면이고, 도 8은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치에 의한 복원 영상의 픽셀값을 그래프로 도식화한 도면이다.

[0044] 도 7을 참조하면, (a)는 다중 슬릿 콜리메이터(130)를 사용하지 않고 완전 샘플링된 엑스선 투영 영상(fully-sampled)이고, (b)는 2 픽셀 간격으로 엑스선을 차단하는 다중 슬릿 콜리메이터(C(2/2))를 이용한 엑스선 투영 영상(original: C(2/2))이다. (c)는 C(2/2)의 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환한 영상이고, (d)는 C(2/2)를 이용하여 획득된 투영 영상을 푸리에 변환한 후 제로 피크 영역을 역 푸리에 변환하여 생성한 사전 영상을 통해 보간된 복원 영상(recovered)을 나타낸다. 도 8은 도 7의 (d)의 선분 \overline{AB} 에 해당하는 픽셀값을 그래프로 도시한 도면이다. 도 8의 (a)는 픽셀값 C(2/2)에 관한 것, (b)는 픽셀값 C(3/3)에 관한 것, (c)는 픽셀값 C(4/4)에 관한 것이다. 각 그래프의 검정색 실선은 다중 슬릿 콜리메이터(130)를 사용하지 않고 획득된 엑스선 투영 영상 즉 완전 샘플링된 엑스선 투영 영상(fully-sampled)이고, 파란색 점선은 다중 슬릿 콜리메이터에 의한 차단 영역을 통상적인 선형 보간(liner interpolation)한 영상이며, 빨간색 점은 차단 영역을 사전 영상으로 보간한 보정 영상을 나타낸다. 도 8의 음영 영역은 보간 영역 중 하나를 나타낸다. 도 8을 참조하면, 보정 영상(빨간색 점)은 선형 보간한 영상(파란색 점선)에 비해 완전 샘플링된 엑스선 투영 영상에 가까우며, 다중 슬릿 콜리메이터(130)에 의한 차단 영역을 복원한 것을 확인할 수 있다. 차단 영역의 복원은 콜리메이터(130)의 슬릿 폭이 증가함에 따라 보다 신뢰도 있게 이루어지는 것이 확인되었다. 즉, 사전 영상을 이용한 엑스선 투영 영상의 사인파를 보간하는 방안이 다중 슬릿 콜리메이터의 부분 샘플링에 의해 야기되는 문제를 해결할 수 있는 가능성을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[0045] 본 실험에서는 완전 샘플링된 엑스선 투영 영상과 C(2/2)를 이용하여 획득된 투영영상(original: C(2/2)) 및 사전 영상을 통해 보간된 복원 영상(recovered)을 3차원 재구성(3D reconstruction)하여 DTS 영상 화질 비교를 수행하였다. DTS 영상 재구성은 통상적으로 사용되는 FBP알고리즘으로 수행하였으며, 비교 결과를 도 9를 통해 후술한다.

[0046] 도 9는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 FBP 알고리즘에 기초한 DTS 영상 재구성의 예를 도시한 도면이다.

[0047] 도 9의 (a)는 다중 슬릿 콜리메이터(130)를 사용하지 않고 획득된 엑스선 투영 영상(fully-sampled)의 재구성 영상이고, (b)는 2 픽셀 간격으로 엑스선을 차단하는 다중 슬릿 콜리메이터(C(2/2))를 이용한 엑스선 투영 영상(original: C(2/2))의 재구성 영상이며, (c)는 사전 영상을 통해 보간된 복원 영상(recovered)을 나타낸다. FBP 알고리즘에 기초하여 DTS 영상을 재구성한 결과, original: C(2/2)의 경우, 다중 슬릿 콜리메이터(130)에 의해 차단 영역에 인공물이 발생하여 영상 화질이 열악한 것을 보이나, 복원 영상(recovered)의 경우, fully-sampled영상과 비교하여 화질이 우수함을 확인할 수 있다.

[0048] 도 10은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 투영 영상과 복원 영상을 도시한 도면이다.

[0049] 도 10의 (a)는 픽셀값 (2/2), C(3/3) 및 C(4/4)의 엑스선 투영 영상이고, (b)는 도 10의 (a)의 엑스선 투영 영상 각각의 사전 영상을 통해 보간한 복원 영상을 나타낸다. 도 10을 참조하면, 다중 슬릿의 가장자리 주변(A, B)에서 밝은 밴드 아티팩트를 나타내며, 다중 슬릿 콜리메이터(130)의 픽셀 간격이 넓어짐에 따라 엑스선 투영

영상의 영상 화질이 저하되나, 사전 영상을 통해 보간한 복원 영상은 밝은 밴드 아티팩트가 발생되지 않으며, 특히 장기 기관(13)에서도 높은 엣지 선명도와 영상 동질성을 보존하는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 도 11은 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치의 CNR 수치로 영상 화질을 비교한 그래프를 도시한 도면이다.

[0051] 도 11은 의료영상 평가 인자 중 하나인 대조대 잡음비(contrast-to-noise ratio CNR) 수치로 영상 화질을 비교한 그래프를 도시한다. 다중 슬릿 콜리메이터(130)를 사용하지 않은 경우(fully-sampled), C(2/2), C(3/3), 그리고 C(4/4)를 이용하여 획득한 경우(original), 사전 영상을 이용하여 복원 영상(recovered)을 생성한 경우에 서의 재구성한 영상에서 CNR 수치를 그래프로 도시한 결과, CNR 수치에서의 ROIA, ROIB 부분은 도 10의 다중 슬릿의 가장자리 주변(A, B) 영역을 활용하였다. CNR 수치는 수학식 2에 기초하여 연산될 수 있다.

[0052] [수학식 2]

$$CNR = \frac{|\bar{X}_{ROI_A} - \bar{X}_{ROI_B}|}{\sqrt{\sigma_{ROI_A}^2 + \sigma_{ROI_B}^2}},$$

[0053]

[0054] 여기서, \bar{X}_{ROI} 는 사전 정의된 ROI의 평균 픽셀 값이며 해당 평균 값에서 표준 편차를 의미한다. 도 11을 참조하면, 복원 영상(recovered)의 경우, C(2/2), C(3/3), C(4/4)의 다중 슬릿 콜리메이터(130)에 의해 획득된 경우(original)에 비해 모든 경우에서 CNR 수치가 높았으며, C(2/2)를 이용하여 획득된 엑스선 투영 영상에 대해 사전 영상을 이용하여 복원 영상(recovered)을 생성한 경우, 다중 슬릿 콜리메이터(130)를 사용하지 않은 경우(fully-sampled)와 비교하였을 시에, CNR 수치가 매우 유사함을 확인할 수 있다

[0055] 도 12는 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

[0056] 도 9에 도시된 본원의 일 실시예에 따른 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법은 앞선 도 1 내지 도 11을 통해 설명된 엑스선 영상 생성 장치(100)에 의하여 수행될 수 있다. 따라서 이하 생략된 내용이라고 하더라도 도 1 내지 도 11을 통해 엑스선 영상 생성 장치(100)에 대하여 설명된 내용은 도 12에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0057] 도 12를 참조하면, 단계 S1210에서 엑스선관(110)은 엑스선(x-ray)을 발생시킬 수 있다. 예시적으로, 엑스선관(110)은 미리 설정된 각도 범위로 상기 엑스선을 발생시킬 수 있다. 단계 S1220에서 구동부(120)는 엑스선관(110)을 이동시킬 수 있다. 또한, 구동부(120)는 엑스선관(110)이 미리 설정된 각도 범위 내에서 이동하도록 소정의 간격(예를 들어, 2도)으로 엑스선관(110)을 이동시킬 수 있다.

[0058] 단계 S1230에서 콜리메이터(130)는 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체(1)를 향해 조사할 수 있다. 예시적으로 콜리메이터(130)는 엑스선관(110)과 피사체의 중심(pivot)(2) 사이에 고정적으로 위치할 수 있다. 또한, 다중 슬릿의 폭은 검출기의 픽셀크기, 픽셀수, 및 확대율에 기초하여 수학식 3을 통해 결정될 수 있다.

[0059] [수학식 3]

$$w_{slit} = \frac{n_{colli} \cdot d}{M_{colli}}$$

[0060]

[0061] 여기서, w_{slit} 는 슬릿의 폭, d 는 픽셀크기, n_{colli} 은 픽셀수, M_{colli} 은 확대율을 나타낸다.

[0062] 단계 S1240에서 사전 영상 생성부(140)는 피사체(1)를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성할 수 있다. 구체적으로, 사전 영상 생성부(140)는 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환할 수 있다. 이후, 푸리에 변환된 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역(6)을 역 푸리에 변환하여 사전 영상을 생성할 수 있다.

[0063] 단계 S1250에서 복원 영상 생성부(150)는 다중 슬릿에 의해 차광된 엑스선 투영 영상(11)의 차광 영역을 사전

영상(10)에 기초하여 보간하여 복원 영상(12)을 생성할 수 있다. 복원 영상 생성부(150)는 복원 영상(12)을 생성하기 위해 사전 영상(10)과 액션 투영 영상(11)간의 액션 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하는 과정이 선행될 수 있다. 사전 영상(10)은 액션 투영 영상(11)의 푸리에 변환과 역 푸리에 변환에 의해 생성된 것이므로, 액션 투영 영상(11)과 액션 강도의 차이가 존재한다. 따라서, 복원 영상 생성부(150)는 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값(6)을 통해 상기 사전 영상(10)과 액션 투영 영상(11)간의 액션 강도(intensity)에 의한 단차를 극복할 수 있다.

[0064] 본원의 일 실시 예에 따른, 액션 영상 생성 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.

[0065] 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.

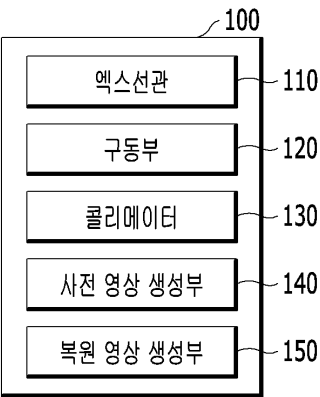
[0066] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

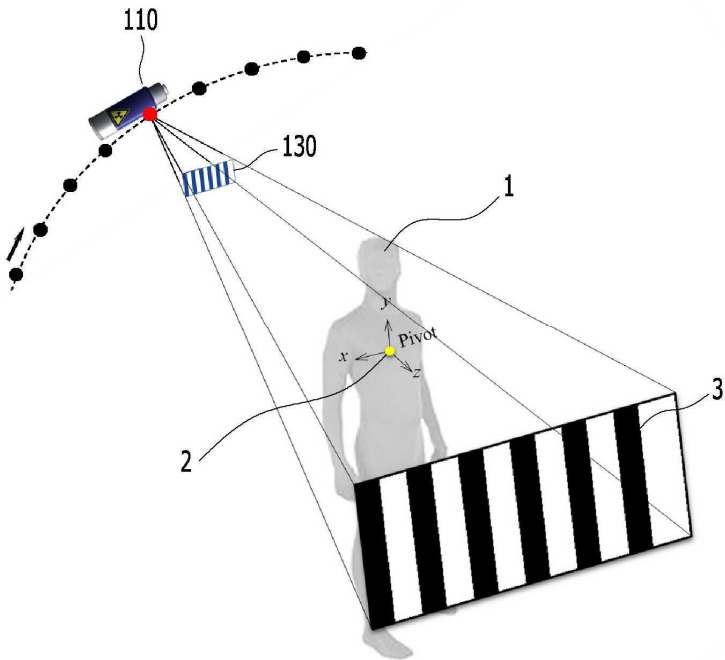
- [0067]
- 1: 피사체
 - 2: 피사체의 중심
 - 3: 액션
 - 100: 액션 영상 생성 장치
 - 110: 액션선관
 - 120: 구동부
 - 130: 콜리메이터
 - 140: 사전 영상 생성부
 - 150: 복원 영상 생성부

도면

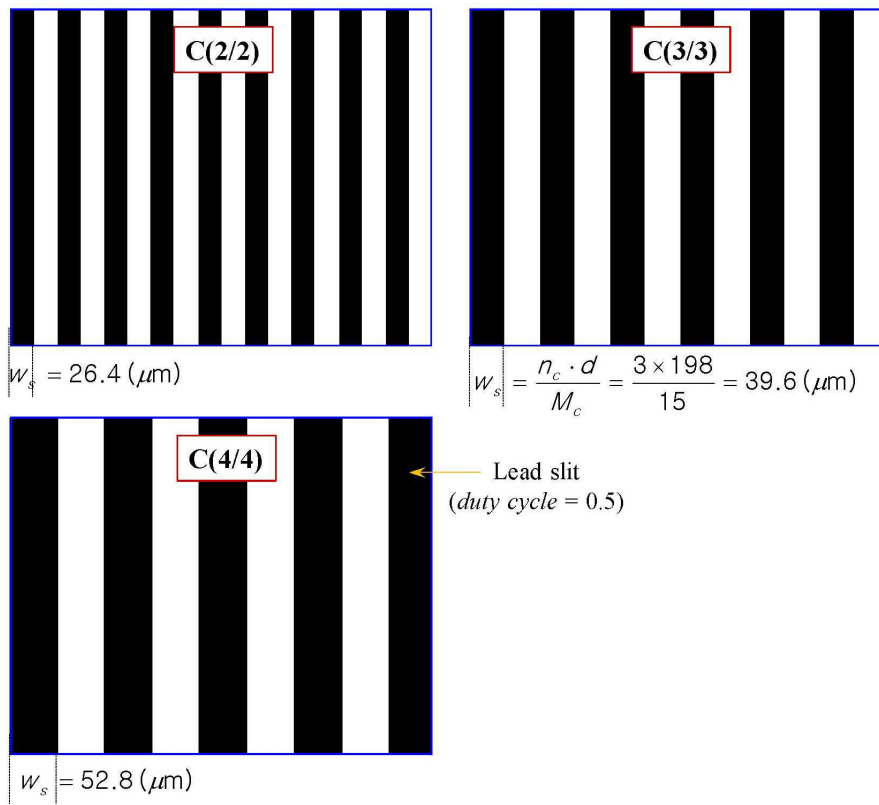
도면1



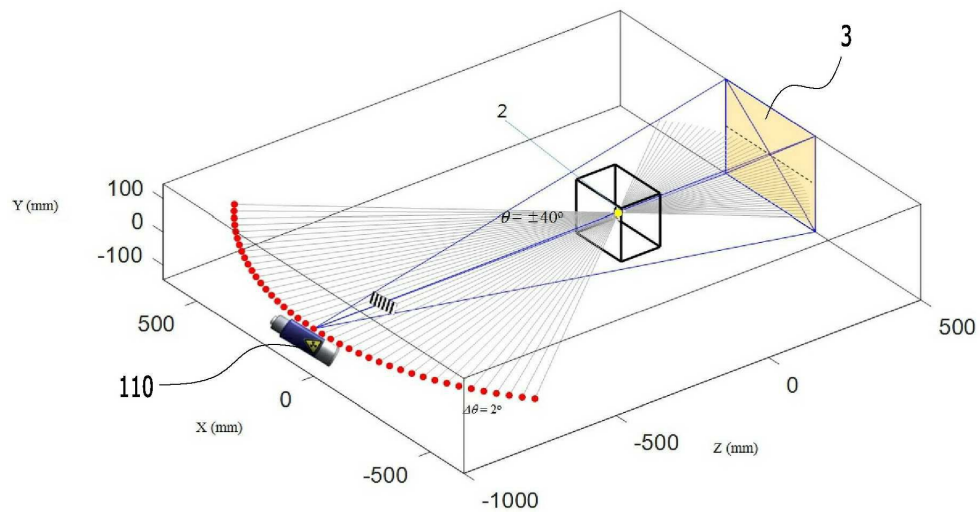
도면2



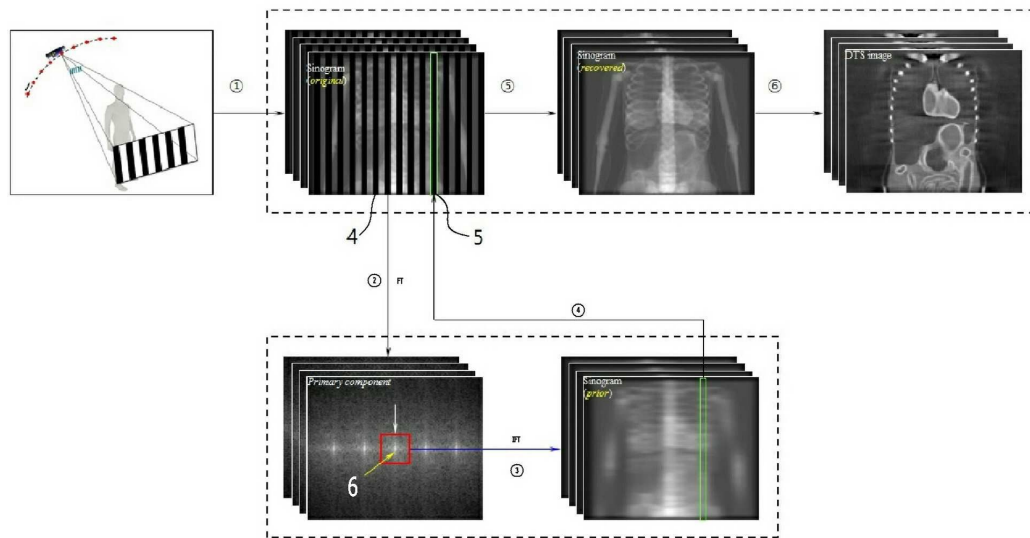
도면3



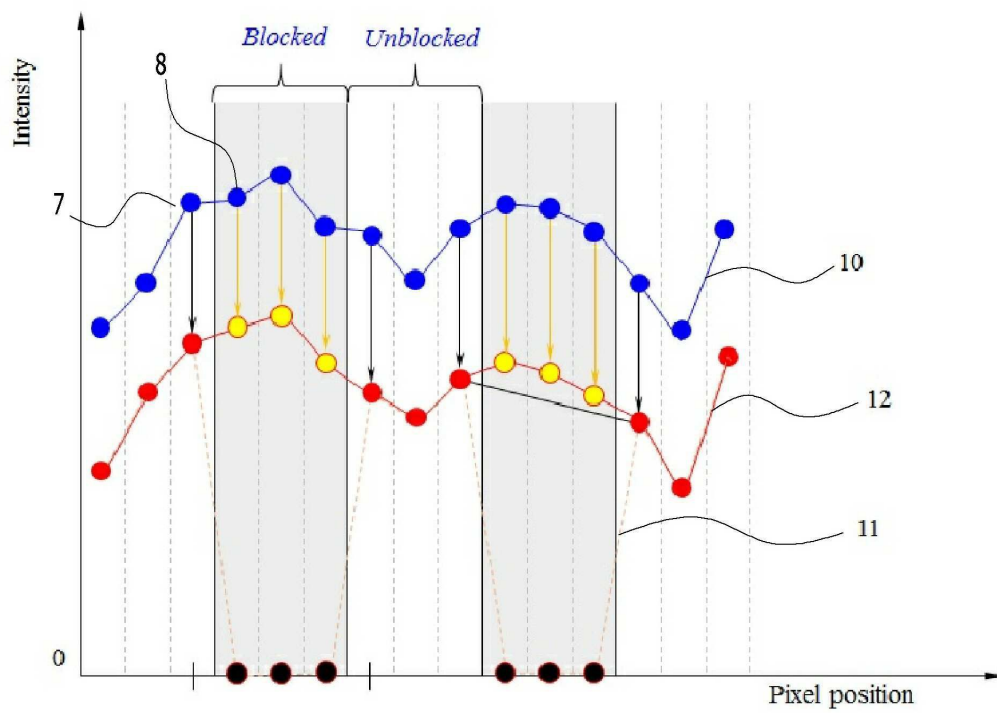
도면4



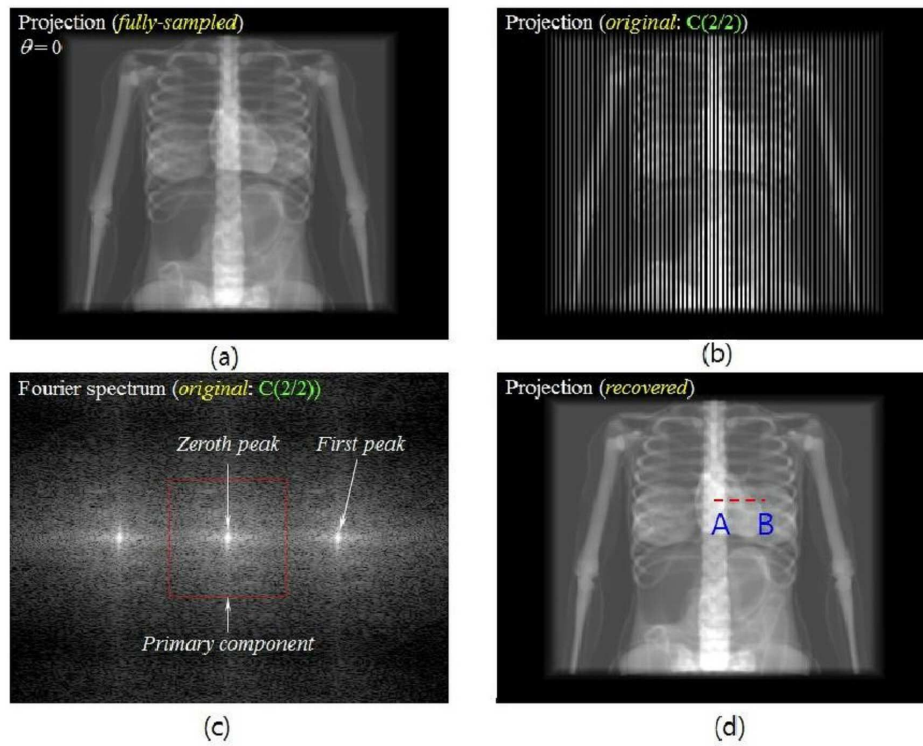
도면5



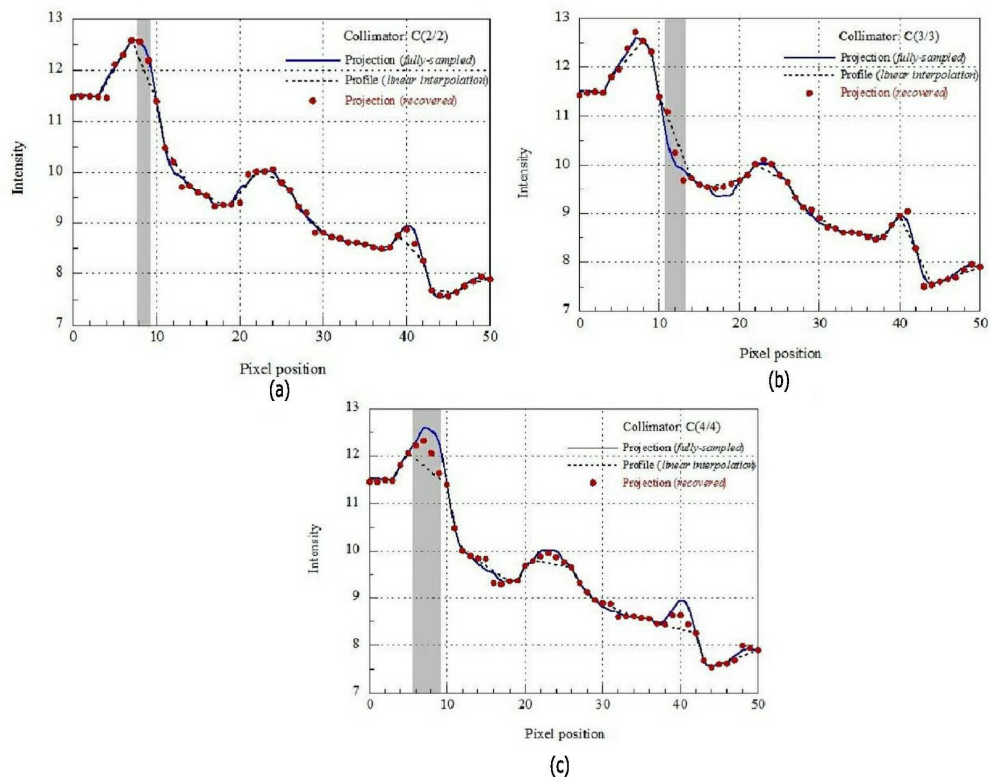
도면6



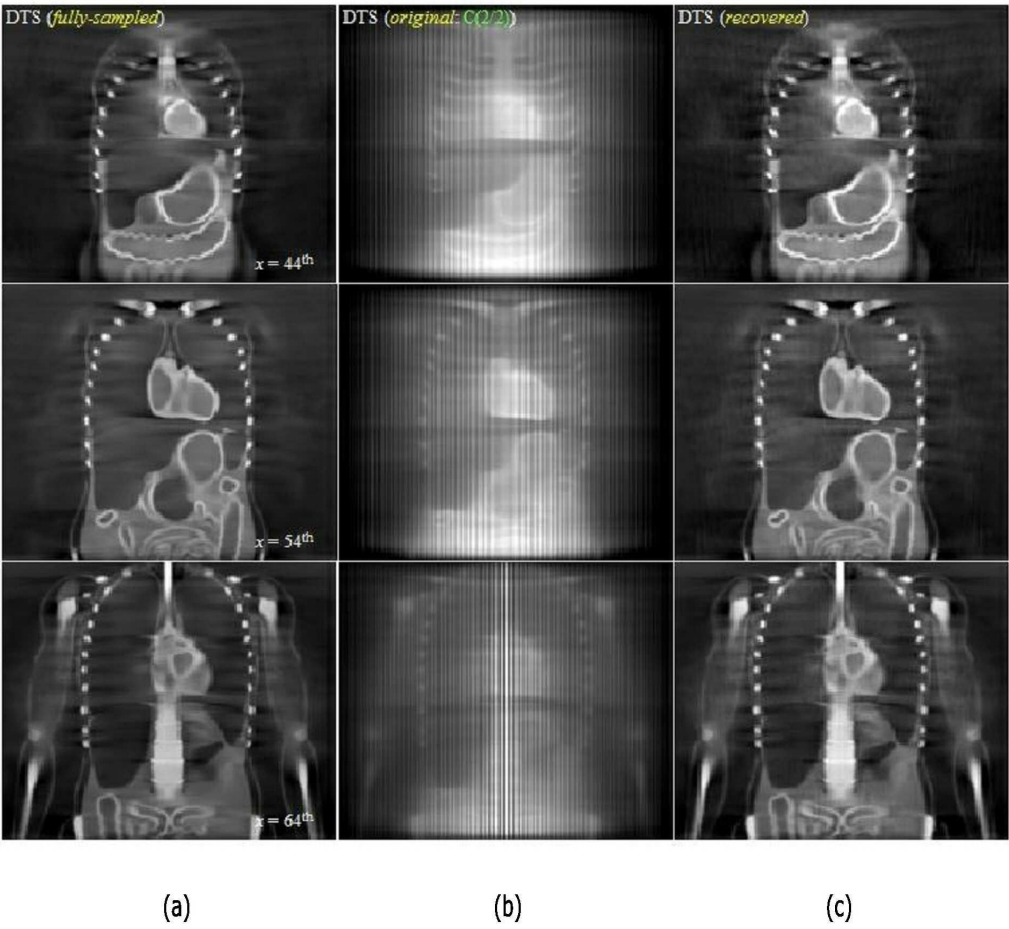
도면7



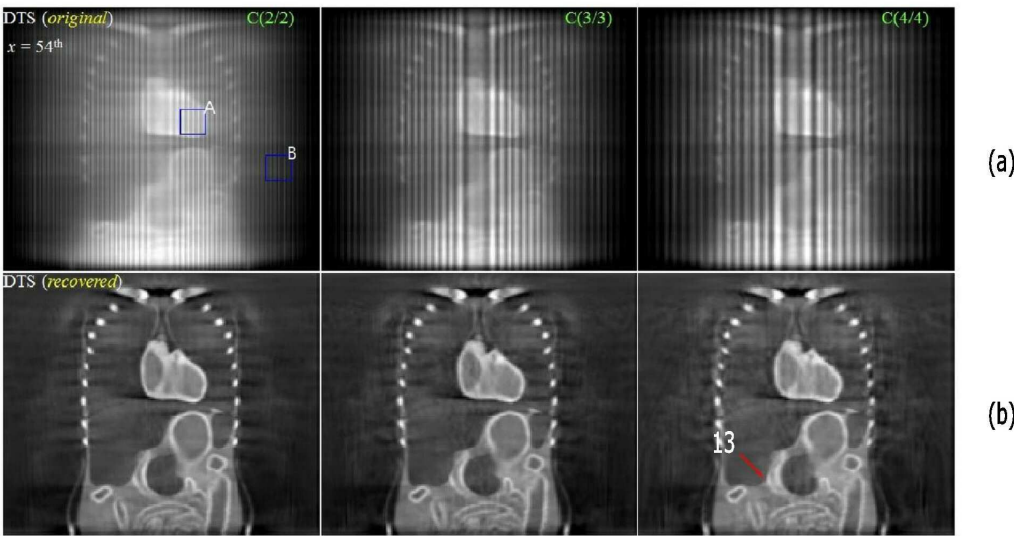
도면8



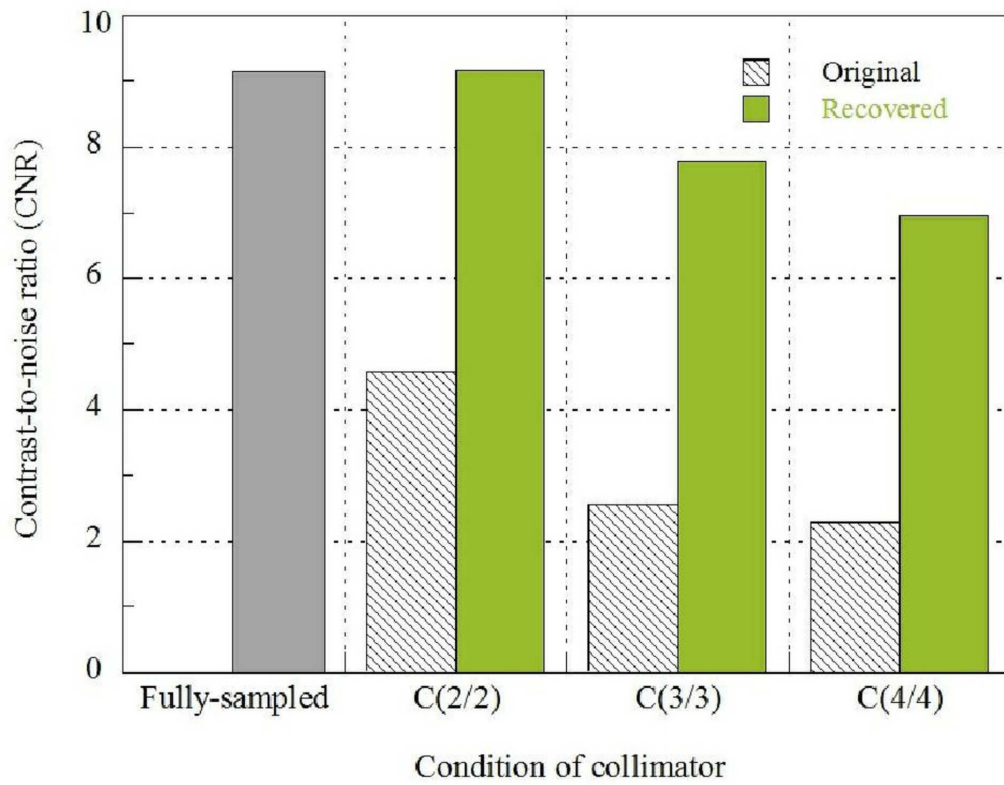
도면9



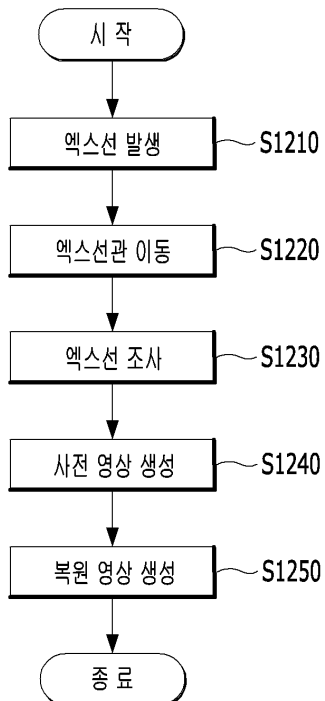
도면10



도면11



도면12



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 6

【변경전】

컴퓨터로 구현되는 엑스선 영상 생성 장치에 의해 각 단계가 수행되는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법에 있어서,

엑스선을 발생시키는 단계;

상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 단계;

상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 단계; 및

상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 단계,

를 포함하되,

상기 사전 영상을 생성하는 단계는,

상기 미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성하고,

상기 복원 영상을 생성하는 단계는,

상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성하는 것인, 엑스선 영상 생성 방법.

【변경후】

컴퓨터로 구현되는 엑스선 영상 생성 장치에 의해 각 단계가 수행되는 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 방법에 있어서,

엑스선을 발생시키는 단계;

상기 엑스선을 다중 슬릿에 투과시켜 피사체를 향해 조사하는 단계;

상기 피사체를 투과하여 검출된 엑스선 투영 영상으로부터 사전 영상을 생성하는 단계; 및

상기 다중 슬릿에 의해 차광된 상기 엑스선 투영 영상의 차광 영역을 상기 사전 영상에 기초하여 보간하여 복원 영상을 생성하는 단계,

를 포함하되,

상기 사전 영상을 생성하는 단계는,

미리 설정된 각도 범위 내에서 검출된 상기 엑스선 투영 영상을 푸리에 변환하고, 푸리에 변환된 상기 엑스선 투영 영상의 제로 피크(zeroth peak) 영역을 역 푸리에 변환하여 상기 사전 영상을 생성하고,

상기 복원 영상을 생성하는 단계는,

상기 차광 영역과 최근접한 비차광 영역의 픽셀값을 통해 상기 사전 영상과 상기 엑스선 투영 영상간의 엑스선 강도(intensity)에 의한 단차를 극복하고, 상기 단차가 극복된 엑스선 투영 영상에 대하여 상기 사전 영상에서 상기 차광 영역에 대응하는 픽셀값을 통해 상기 차광 영역을 보간하여 상기 복원 영상을 생성하는 것인, 엑스선 영상 생성 방법.