



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월22일
(11) 등록번호 10-2158920
(24) 등록일자 2020년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2019.01) A61B 6/00 (2006.01)
G06T 3/00 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/001 (2013.01)
A61B 6/032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0172345
(22) 출원일자 2018년12월28일
심사청구일자 2018년12월28일
(65) 공개번호 10-2020-0082105
(43) 공개일자 2020년07월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP2015112478 A*
JP2018057867 A*
KR101804699 B1
KR1020150095140 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
백종덕
인천광역시 연수구 해송로 143, 109동 201호(송도동, 송도웰카운티1단지)
이남진
서울특별시 동작구 장승배기로11가길 11, 103동 301호(상도동, 상도파크자이)
(74) 대리인
민영준

전체 청구항 수 : 총 9 항

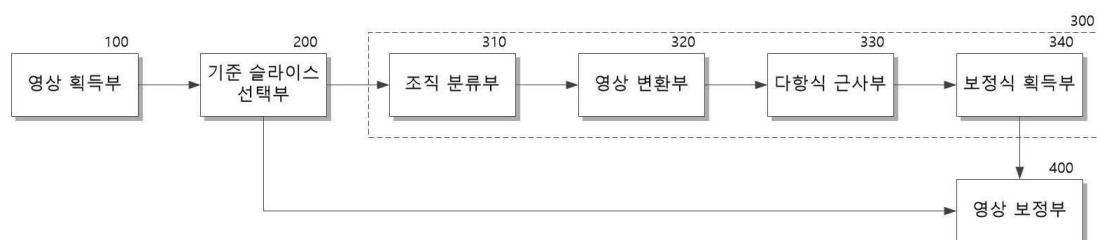
심사관 : 김광식

(54) 발명의 명칭 광자계수형 검출기 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법은 PCD로부터 획득된 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상을 선택하고, 선택된 기준 슬라이스 영상의 경조직 및 연조직을 구분한 영상 각각에 대한 투영 영상에서 수직 아티팩트를 제거하기 위한 보정식을 획득하고, 획득된 보정식을 이용하여 이후 타겟 슬라이스 영상의 경조직 영상과 연조직 영상의 투영 영상으로부터 타겟 슬라이스 영상에 대한 변환 투영 영상을 획득하고, 획득된 변환 투영 영상을 복원함으로써, 고리형 아티팩트가 제거된 고품질의 슬라이스 영상을 획득할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

A61B 6/5235 (2020.08)

G06T 3/0056 (2013.01)

G06T 2211/416 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018012210
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	방사선기기핵심기술개발(기초)
연구과제명	딥러닝 기법을 활용한 이중에너지 기반 저선량 고화질 유방 CT 영상화 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2018.03.01 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

광자계수형 검출기(Photon-counting detector, 이하 PCD)를 이용하여 측정 대상을 촬영한 복원 영상을 획득하는 영상 획득부;

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상을 선택하는 기준 슬라이스 선택부;

상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각으로부터 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하고, 상기 경조직 영상 및 상기 연조직 영상의 픽셀 값을 조절하여 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상으로 변환하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상의 투영 영상 사이의 관계로부터 보정식을 획득하는 보정식 획득부; 및

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 각각을 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상을 상기 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하며, 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 영상 보정부; 를 포함하되,

상기 보정식 획득부는

상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각의 각 픽셀을 기지정된 분류 문턱값을 기준으로 구분하여 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하는 조직 분류부;

상기 경조직 영상의 경조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 경조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하고, 상기 연조직 영상의 연조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 연조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하여 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상을 획득하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상 각각을 변환하여 경조직 투영 영상, 연조직 투영 영상, 변환 경조직 투영 영상 및 변환 연조직 투영 영상을 획득하는 영상 변환부;

상기 연조직 투영 영상과 상기 변환 연조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제1 다항식과 상기 경조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제2 다항식을 획득하는 다항식 근사부; 및

상기 제1 및 제2 다항식을 이용하여 상기 변환 연조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상의 합 및 상기 연조직 투영 영상과 상기 경조직 투영 영상의 합 사이의 관계를 나타내는 보정식을 획득하는 보정식 획득부; 를 포함하는 영상 보정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 다항식 근사부는

상기 연조직 투영 영상(P_W)의 각 열 벡터(\vec{P}_W)와 상기 변환 연조직 투영 영상(P'_W)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_W) 각각의 사이의 관계를 최소 제곱법에 따라 제1 다항식

$$\vec{P}'_W = \alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3$$

의 형태로 추출하여 계수(α_1 , α_2 , α_3)를 획득하고,

경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_B) 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_B) 사이의 관계를 최소 제곱법에 따라 제2 다항식

$$\vec{P}'_B = \beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B$$

의 형태로 추출하여 계수(β_1, β_2)를 획득하는 영상 보정 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서, 상기 보정식 획득부는

계수들($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2)$)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)과 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 합 및 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 합 사이의 관계로부터 보정식

$$\vec{P}'_B + \vec{P}'_W = (\beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B) + (\alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3) + \gamma \vec{P}_B \vec{P}_W$$

의 계수(γ)를 획득하는 영상 보정 장치.

청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 영상 보정부는

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 상기 기준 슬라이스 영상을 제외한 타겟 슬라이스 영상을 인가받아 각각 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고,

구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상인 경조직 투영 영상과 연조직 투영 영상을 획득하며,

획득된 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 계수($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2), \gamma$)가 획득된 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하고,

획득된 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 영상 보정 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 영상 획득부는

상기 PCD를 이용하여 측정 대상을 촬영한 투영 영상에서 상기 측정 대상과 유사한 크기의 워터 팬텀을 동일한 PCD를 이용하여 촬영한 투영 영상의 수직 아티팩트를 차감한 후 재구성한 복원 영상을 상기 기준 슬라이스 선택 부로 전달하는 영상 보정 장치.

청구항 7

광자계수형 검출기(Photon-counting detector, 이하 PCD)를 이용하여 측정 대상을 촬영한 복원 영상을 획득하는 단계;

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상을 선택하는 단계;

상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각으로부터 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하고, 상기 경조직 영상 및 상기 연조직 영상의 픽셀 값을 조절하여 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상으로 변환하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상의 투영 영상 사이의 관계로부터 보정식을 획득하는 단계; 및

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 각각을 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상을 상기 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하며, 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 단계; 를 포함하되,

상기 보정식을 획득하는 단계는

상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각의 각 픽셀을 기지정된 분류 문턱값을 기준으로 구분하여 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하는 단계;

상기 경조직 영상의 경조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 경조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하고, 상기 연조직 영상의 연조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 연조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하여 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상을 획득하는 단계;

상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상 각각을 변환하여 경조직 투영 영상, 연조직 투영 영상, 변환 경조직 투영 영상 및 변환 연조직 투영 영상을 획득하는 단계;

상기 연조직 투영 영상과 상기 변환 연조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제1 다항식과 상기 경조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제2 다항식을 획득하는 단계; 및

상기 제1 및 제2 다항식을 이용하여 상기 변환 연조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상의 합 및 상기 연조직 투영 영상과 상기 경조직 투영 영상의 합 사이의 관계를 나타내는 보정식을 추출하는 단계; 를 포함하는 영상 보정 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 다항식을 획득하는 단계는

상기 연조직 투영 영상(P_W)의 각 열 벡터(\vec{P}_W)와 상기 변환 연조직 투영 영상(P'_W)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_W) 각각의 사이의 관계를 최소 제곱법에 따라 제1 다항식

$$\vec{P}'_W = \alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3$$

의 형태로 추출하여 계수(α_1 , α_2 , α_3)를 획득하는 단계; 및

경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_B) 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_B) 사이의 관계를 최소 제곱법에 따라 제2 다항식

$$\vec{P}'_B = \beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B$$

의 형태로 추출하여 계수(β_1 , β_2)를 획득하는 단계; 를 포함하는 영상 보정 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 보정식을 추출하는 단계는

계수들($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$, (β_1, β_2))과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)과 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 합 및 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 합 사이의 관계로부터 보정식

$$\vec{P}'_B + \vec{P}'_W = (\beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B) + (\alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3) + \gamma \vec{P}_B \vec{P}_W$$

의 계수(γ)를 획득하는 영상 보정 방법.

청구항 11

제10 항에 있어서, 상기 보정 복원 영상을 획득하는 단계는

상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 상기 기준 슬라이스 영상을 제외한 타겟 슬라이스 영상을 인가받아 각각 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하는 단계;

구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상인 경조직 투영 영상과 연조직 투영 영상을 획득하는 단계;

획득된 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 계수($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2), \gamma$)가 획득된 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하는 단계; 및

획득된 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 단계; 를 포함하는 영상 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광자계수형 검출기 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법에 관한 것으로, 광자계수형 검출기 기반 다중에너지 CT 영상의 검출기 에너지 민감도에 의한 고리 형태 아티팩트 보정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 광자계수형 검출기(Photon-counting detector, 이하 PCD라 함)는 초 저선량 이미징(ultra-low dose imaging)이 가능하고, 단순히 광자를 포집하여 검출하는 기존 CT와 달리 광자의 에너지 대역로 구분하여 포집함으로써, 광자 분포를 알 수 있고 이를 이용해 다중에너지 CT 영상화가 가능한 차세대 CT 기술이다.

[0003] 그러나 PCD는 전하 공유(charge sharing), 물질 안정성(material stability), 펄스 중첩(pulse pile-up) 등의 문제로 인해 현재까지 상용화가 용이하지 않은 실정이다. 특히 전하 공유에 의해 투영 영상(projection image)에서 수직 아티팩트(vertical artifact)가 나타나고, 이를 보정하지 않고 영상을 복원하는 경우, 복원된 영상 전반에 걸쳐 고리 형태의 아티팩트가 나타나는 문제가 있다.

[0004] 이러한 고리형 아티팩트를 줄이기 위해 기존에는 워터 팬텀(water phantom)을 이용한 다양한 방법이 제시되었다.

[0005] 워터 팬텀을 이용하여 아티팩트를 줄이는 방법은 다양하게 연구되었지만, 세가지 방법이 주로 이용되고 있다. 첫번째 방법은 측정 대상인 타겟과 비슷한 크기의 워터 팬텀을 동일한 PCD 장비로 촬영하여 비교하는 방법이다. 타겟과 워터 팬텀을 찍은 투영 영상에는 비슷한 형태의 수직 아티팩트가 나타나므로, 두 영상의 차이를 계산하여 아티팩트를 상쇄시킬 수 있다. 그러나 이 경우 잡음이 많아지는 문제를 수반한다.

[0006] 두번째 방법은 워터 팬텀의 PCD 촬영과 더불어 디지털 시뮬레이션을 적용하는 방법이 있다. 이 경우 워터 팬텀의 PCD 투영 영상과 디지털 시뮬레이션으로 얻어진 투영 영상을 비교하여 수직 아티팩트를 계산한다. 아티팩트를 계산할 때 잡음이 커지는 것을 방지하기 위해 같은 검출기 픽셀에 대해서는 평균값을 계산하여 같은 값으로 계산한다. 그리고 계산된 수직 아티팩트를 타겟의 투영 영상에서 감산하여 아티팩트를 제거한다. 이 방법은 잡음이 없는 디지털 시뮬레이션을 활용하고 같은 검출기의 경우 동일한 아티팩트 값을 계산해 사용하기 때문에 잡음이 증가되지 않는다.

[0007] 그러나 상기한 두 방법은 모두 타겟이 검출기의 중앙에 위치하지 않거나 비슷한 크기의 워터 팬텀에 대해 계산되지 않으면 아티팩트 구조가 달라져 고리 모양 아티팩트가 완전히 제거되지 않는다는 한계가 있다.

[0008] 이에 세번째 방법에서는 중앙에 위치하지 않은 다양한 크기의 여러 개의 워터 팬텀을 PCD로 촬영하여 활용하는 방법이 제안되었다. 이 방법은 해당 투영 영상과 시뮬레이션으로 구현된 아티팩트가 없는 영상이 다항식 관계를 가진다고 가정하고 이 다항식의 계수를 풀어 아티팩트를 제거한다. 이 방법은 중앙에 위치하지 않은 다양한 크기의 워터 팬텀을 써서 넓은 범위의 광자 경로 길이에 대한 일반성을 확보하여 타겟의 위치, 크기에 대한 일반화가 잘 구현되는 장점이 있다.

[0009] 그럼에도 불구하고, 상기한 기존의 방법들은 내부가 물로 채워진 워터 팬텀과 상이하게 다양한 물질이 포함된 영상에 대해 적용하거나 PCD의 사용 시간에 따른 성능 저하에 의해 장비의 특성 값이 바뀌면 아티팩트가 남게 되는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1783001호 (2017.09.22 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 목적은 영상 품질을 향상시킬 수 있는 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0012] 본 발명의 다른 목적은 타겟의 위치, 크기, 장비의 성능 저하에 의한 특성 값에 무관하게 고리형 아티팩트를 제거할 수 있는 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치는 광자계수형 검출기(Photon-counting detector, 이하 PCD)를 이용하여 측정 대상을 촬영한 복원 영상을 획득하는 영상 획득부; 상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상을 선택하는 기준 슬라이스 선택부; 상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각으로부터 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하고, 상기 경조직 영상 및 상기 연조직 영상의 픽셀 값을 조절하여 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상으로 변환하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상의 투영 영상 사이의 관계로부터 보정식을 획득하는 보정식 획득부; 및 상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 각각을 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상을 상기 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하며, 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 영상 보정부; 를 포함한다.

[0014] 상기 보정식 획득부는 상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각의 각 픽셀을 기지정된 분류 문턱값을 기준으로 구분하여 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하는 조직 분류부; 상기 경조직 영상의 경조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 경조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하고, 상기 연조직 영상의 연조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 연조직 픽셀의 픽셀 값으로 대체하여 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상을 획득하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 상기 변환 경조직 영상 및 상기 변환 연조직 영상 각각을 변환하여 경조직 투영 영상, 연조직 투영 영상, 변환 경조직 투영 영상 및 변환 연조직 투영 영상을 획득하는 영상 변환부; 상기 연조직 투영 영상과 상기 변환 연조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제1 다항식과 상기 경조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상 사이의 관계를 나타내는 제2 다항식을 획득하는 다항식 근사부; 및 상기 제1 및 제2 다항식을 이용하여 상기 변환 연조직 투영 영상과 상기 변환 경조직 투영 영상의 합 및 상기 연조직 투영 영상과 상기 경조직 투영 영상의 합 사이의 관계를 나타내는 보정식을 획득하는 보정식 획득부; 를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 영상 보정부는 상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 상기 기준 슬라이스 영상을 제외한 타겟 슬라이스 영상을 인가받아 각각 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상인 경조직 투영 영상과 연조직 투영 영상을 획득하며, 획득된 연조직 투영 영상과 경조직 투영 영상을 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하고, 획득된 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득할 수 있다.

[0016] 상기 영상 획득부는 상기 PCD를 이용하여 측정 대상을 촬영한 투영 영상에서 상기 측정 대상과 유사한 크기의 워터 팬텀을 동일한 PCD를 이용하여 촬영한 투영 영상의 수직 아티팩트를 차감한 후 재구성한 복원 영상을 상기 기준 슬라이스 선택부로 전달할 수 있다.

[0017] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 방법은 광자계수형 검출기(Photon-counting detector, 이하 PCD)를 이용하여 측정 대상을 촬영한 복원 영상을 획득하는 단계; 상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상을 선택하는 단계; 상기 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상 각각으로부터 경조직 영상 및 연조직 영상을 획득하고, 상기 경조직 영상 및 상기 연조직 영상의 픽셀 값을 조절하여 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상으로 변환하며, 상기 경조직 영상과 상기 연조직 영상, 변환 경조직 영상 및 변환 연조직 영상의 투영 영상 사이의 관계로부터 보정식을 획득하는

단계; 및 상기 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 각각을 경조직 영상 및 연조직 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상 및 연조직 영상의 투영 영상을 상기 보정식에 대입하여 보정 투영 영상을 획득하며, 보정 투영 영상을 재구성하여 보정 복원 영상을 획득하는 단계; 를 포함한다.

발명의 효과

[0018] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치 및 방법은 워터 팬텀을 이용하지 않고 타겟이 되는 영상 자체를 기준으로 보정을 수행함에 따라 구성 물질 및 타겟의 위치, 크기, PCD 장비의 성능 저하에 의한 특성 값 변화에 무관하게 고리형 아티팩트를 용이하게 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도1 은 본 발명의 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치의 개략적 구성을 나타낸다.

도2 는 헤드 팬텀의 일예와 기준 슬라이스의 일예를 나타낸다.

도3 은 도1 의 보정식 추출부가 기준 슬라이스 영상으로부터 보정식을 추출하는 과정을 개념적으로 나타낸다.

도4 는 도1 의 영상 보정부가 타겟 슬라이스 영상을 보정하는 과정을 개념적으로 나타낸다.

도5 는 본 발명의 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 방법을 나타낸다.

도6 은 본 실시예에 따른 영상 보정 방법의 성능을 비교한 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0021] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0022] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0023] 도1 은 본 발명의 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 장치의 개략적 구성을 나타내고, 도2 는 헤드 팬텀의 일예와 기준 슬라이스의 일예를 나타내며, 도3 은 도1 의 보정식 추출부가 기준 슬라이스 영상으로부터 보정식을 추출하는 과정을 개념적으로 나타내고, 도4 는 도1 의 영상 보정부가 타겟 슬라이스 영상을 보정하는 과정을 개념적으로 나타낸다.

[0024] 우선 도1 을 참조하면, 본 실시예에 따른 영상 보정 장치는 영상 획득부(100), 기준 슬라이스 선택부(200), 보정식 획득부(300) 및 영상 보정부(400)를 포함한다.

[0025] 영상 획득부(100)는 X-ray와 같은 방사선을 조사하고 다수의 에너지 대역 별로 구분하여 검출하는 PCD가 측정 대상을 촬영한 영상을 획득한다. 여기서 PCD는 일예로 측정 대상에 조사된 방사선을 3개의 에너지 대역으로 40 ~ 60keV, 60 ~ 80keV 및 80 ~ 100keV 구분하여 검출할 수 있다.

[0026] 영상 획득부(100)는 PCD가 측정 대상을 다수의 에너지 대역 별로 구분하여 검출한 로 데이터(raw data)를 획득한다. 여기서, 로 데이터는 X-ray를 대상체로 조사(projection)하여 획득된 투영 영상일 수 있다. 그리고 획득된 로 데이터를 이용하여 측정 대상에 대한 영상을 재구성(reconstruction)한 복원 영상을 획득한다. 여기서 복원 영상은 일예로 투영 영상을 역라돈 변환(Inverse Radon transform)하여 획득될 수 있다.

[0027] 이때 영상 획득부(100)는 기지정된 간격으로 구분된 다수의 슬라이스 영상으로 구성된 복원 영상을 획득할 수 있다.

[0028] 여기서는 일예로 영상 획득부(100)가 도2 에 도시된 바와 같이, 사람의 머리와 유사한 구성을 갖도록 구현된 헤드 팬텀(head phantom)에 대한 복원 영상을 획득하는 것으로 가정하여 설명한다. PCD 또한 기존의 CT와 마찬가지로

지로 방사선을 측정 대상에 방사하여 영상을 획득하므로, 인체에 대한 조사량은 최소화되어야 한다. 따라서 영상 보정 장치의 보정 성능을 검증하는 경우, 일반적으로 인체와 유사하게 구성된 팬텀을 주로 이용한다. 상기한 워터 팬텀의 경우, 내부가 단일 물질인 물로만 채워진 단순 구조인 반면, 헤드 팬텀(head phantom)은 골격과 같은 경조직(hard tissue)과 이외의 연조직(soft tissue)을 서로 다른 물질로 구분하여 구현되는 특징이 있다. 즉 헤드 팬텀은 워터 팬텀에 비해 인체에 더욱 유사한 사실적인 구조를 가져 영상 보정 장치가 실제 인체에 대해 촬영된 복원 영상에 대해서도 우수한 보정 성능을 나타낼 수 있는지 여부를 판별할 수 있도록 한다.

- [0029] 기준 슬라이스 선택부(200)는 영상 획득부(100)에서 획득된 복원 영상에서 기지정된 개수(예를 들면 3개)의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 추출한다. 상기한 바와 같이, 복원 영상은 다수의 슬라이스 영상으로 구성되며, 기준 슬라이스 영상 선택부(200)는 복원 영상의 다수의 슬라이스 영상 중 일부의 슬라이스 영상을 기준 슬라이스 영상(RSI)으로 추출한다.
- [0030] 이때 기준 슬라이스 선택부(200)는 도2 에 도시된 바와 같이, 측정 대상의 형태적 특징이 반영될 수 있는 위치로 서로 이격된 다수개의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 추출하는 것이 바람직하다.
- [0031] 기준 슬라이스 선택부(200)는 선택된 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 보정식 획득부(300)로 전달하고, 선택되지 않은 나머지 슬라이스 영상을 타겟 슬라이스 영상(TSI)으로서 영상 보정부(400)로 전달한다.
- [0032] 보정식 획득부(300)는 기준 슬라이스 선택부(200)에서 선택된 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)으로부터 타겟 슬라이스 영상(TSI)을 보정하기 위한 보정식을 획득한다. 보정식 획득부(300)는 도1 에 도시된 바와 같이, 조직 분류부(310), 영상 변환부(320), 다항식 근사부(330) 및 보정계수 획득부(340)를 포함할 수 있다.
- [0033] 도3 을 참조하여, 보정식 획득부(300)의 동작을 설명하면, 우선 조직 분류부(310)가 (a)와 같이 기준 슬라이스 선택부(200)에서 전달된 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI) 각각에서 경조직과 연조직을 구분하여, (b)에 도시된 바와 같이 경조직 영상과 연조직 영상을 획득한다.
- [0034] 조직 분류부(310)는 골격과 같은 경조직과 피부 및 근육과 같은 연조직을 구분하기 위해 미리 지정된 분류 문턱값에 따라 기준 슬라이스 영상(RSI)의 각 픽셀을 구분함으로써, 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W)을 획득한다.
- [0035] 도3 에서 (a)를 참조하면, 기준 슬라이스 영상(RSI)은 크게 골격과 같은 경조직과 나머지 연조직으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이에 조직 분류부(310)가 특정 분류 문턱값을 기반으로 기준 슬라이스 영상(RSI)의 각 픽셀을 구분하면, (b)와 같이 골격을 나타내는 경조직 영상(I_B)과 골격 이외의 나머지 구성을 나타내는 연조직 영상(I_W)의 2개의 조직 영상을 획득할 수 있다. 그리고 분류된 2개의 조직 영상(I_B , I_W)에는 여전히 고리형 아티팩트가 포함되어 있다.
- [0036] 조직 분류부(310)에서 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W)이 획득되면, 영상 변환부(320)는 획득된 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 각각에 대한 픽셀값을 단일 대푯값으로 대체하여 (c)에 도시된 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W)을 획득한다.
- [0037] 영상 변환부(320)는 일예로 경조직 영상(I_B)의 경조직 픽셀에 대한 평균값을 획득하여 경조직 픽셀의 픽셀 값을 획득된 평균값으로 대체하여 변환 경조직 영상(I'_B)을 획득할 수 있으며, 연조직 영상(I_W)에서도 마찬가지로 연조직 픽셀의 픽셀 값을 획득된 평균값으로 대체하여, 변환 연조직 영상(I'_W)을 획득할 수 있다. 영상 변환부(320)에서 경조직 픽셀들과 연조직 픽셀들이 각각 평균값을 갖도록 대체됨에 따라, (c)에 도시된 바와 같이, 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W)에는 고리형 아티팩트가 나타나지 않게 된다.
- [0038] 또한 영상 변환부(320)는 조직 분류부(310)에서 획득된 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 및 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W) 각각을 기지정된 방식에 따라 (d) 및 (e)와 같은 투영 영상((P_B, P_W) , (P'_B , P'_W))으로 변환한다. 여기서 영상 변환부(320)는 일예로 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 및 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W) 각각에 대해 라돈 변환(Radon transform)을 수행하여 경조직 투영 영상(P_B)과 연조직 투영 영상(P_W) 및 변환 경조직 투영 영상(P'_B)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)을 획득할 수 있다.
- [0039] 도3 에서 (e)를 참조하면, 고리형 아티팩트가 나타나지 않는 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W)을

변환한 변환 경조직 투영 영상(P'_B)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)에는 수직 아티팩트가 발생하지 않음을 알 수 있다.

[0040] 다항식 근사부(330)는 영상 변환부(320)에서 획득된 경조직 투영 영상(P_B)과 연조직 투영 영상(P_W) 및 변환 경조직 투영 영상(P'_B)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W) 사이의 관계를 나타내는 다항식을 최소 제곱법을 이용하여 근사하여 획득한다.

[0041] 이때, 다항식 근사부(330)는 수직 방향 픽셀 라인 단위로 경조직 투영 영상(P_B)과 연조직 투영 영상(P_W) 및 변환 경조직 투영 영상(P'_B)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W) 사이의 관계를 다항식으로 근사한다. 본 실시예에 따른 영상 보정 장치는 복원 영상의 고리형 아티팩트, 즉 투영 영상에서의 수직 아티팩트를 제거하는 것을 목적으로 한다. 따라서 투영 영상의 수직 방향의 픽셀 라인 단위, 즉 열 벡터 단위로 나타나는 아티팩트에 대해서 보정을 수행할 수 있도록 하면 효율적으로 수직 아티팩트를 제거할 수 있다.

[0042] 이에 다항식 근사부(330)는 우선 연조직 투영 영상(P_W)의 각 열 벡터(\vec{P}_W)와 변환 연조직 투영 영상(P'_W)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_W) 각각의 사이의 관계를 최소 제곱법(least square estimation)을 이용하여 수학식 1의 형태로 획득한다.

수학식 1

$$\vec{P}'_W = \alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3$$

[0044] 즉 다항식 근사부(330)는 수학식 1의 3개의 계수(α_1 , α_2 , α_3)를 획득한다.

[0045] 그리고 다항식 근사부(330)는 경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_B) 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_B) 사이의 관계를 최소 제곱법을 이용하여 수학식 2의 형태로 획득한다.

수학식 2

$$\vec{P}'_B = \beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B$$

[0047] 즉 수학식 2의 2개의 계수(β_1 , β_2)를 획득한다.

[0048] 여기서 수학식 1 및 2와 같은 2차 다항식은, 상기한 기존의 영상 보정 방법 중 중앙에 위치하지 않은 다양한 크기의 여러 개의 워터 팬텀을 PCD로 촬영하여 활용하는 세번째 방법에서 이용되는 다항식이다. 투영 영상과 시뮬레이션으로 구현된 아티팩트가 없는 영상이 다항식 관계를 가진다고 가정하는 세번째 영상 보정 방법은 수직 아티팩트를 제거하는데 유용한 것으로 알려있으므로, 본 실시예에서는 다항식 근사부(330)가 투영 영상 사이의 관계를 수학식 1 및 2의 다항식으로 근사함으로써, 보정식을 용이하게 도출할 수 있도록 한다.

[0049] 한편, 보정계수 획득부(340)는 다항식 근사부(330)에서 획득된 수학식 1 및 2의 계수들($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$, (β_1, β_2))과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)과 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 합 및 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 합 사이의 관계로부터 수학식 3의 계수(γ)를 획득한다.

수학식 3

$$\vec{P}_B' + \vec{P}_W' = (\beta_1 \vec{P}_B^2 + \beta_2 \vec{P}_B) + (\alpha_1 \vec{P}_W^2 + \alpha_2 \vec{P}_W + \alpha_3) + \gamma \vec{P}_B \vec{P}_W$$

[0050]

[0051]

수학식 3은 변환 연조직 투영 영상(P'_W)과 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 열 벡터별 합($\vec{P}_B' + \vec{P}_W'$) 및 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 열 벡터별 합($\vec{P}_B + \vec{P}_W$) 사이의 관계를 나타내는 식이므로, 결과적으로 기준 슬라이스 영상(RSI)에 대한 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)으로부터 고리형 아티팩트가 제거된 변환 투영 영상($P'_B + P'_W$)을 획득하기 위한 보정식으로 볼 수 있다.

[0052]

만일 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)만을 선택하여, 수학식 3의 보정식을 획득하는 경우, 계수($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2), \gamma$)가 부정확하게 도출될 가능성이 있다. 이에 다수의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 선택(예를 들면 3개)하고, 다수의 기준 슬라이스 영상(RSI)에 대한 보정식을 함께 최소 제곱법에 따라 획득하는 경우, 더욱 정확한 보정식을 획득할 수 있다.

[0053]

보정식 획득부(300)에서 수학식 3의 보정식이 획득되면, 영상 보정부(400)는 보정식에 따라 기준 슬라이스 선택부(200)에서 전달되는 타겟 슬라이스 영상(TSI)을 보정한다.

[0054]

도4 를 참조하여 영상 보정부(400)의 동작을 설명하면, 영상 보정부(400)는 우선 보정식 획득부(300)와 유사하게 우선 인가된 타겟 슬라이스 영상(TSI) 각각에서 기지정된 분류 문턱값에 따라 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W)을 획득하고, 획득된 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 각각에 대한 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 (c)와 같이 획득한다.

[0055]

타겟 슬라이스 영상(TSI)에 대한 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 획득을 획득하기 위해, 영상 보정부(400)는 보정식 획득부(300)의 조직 분류부(310) 및 영상 변환부(320)를 포함할 수 있으나, 보정식 획득부(300)의 조직 분류부(310) 및 영상 변환부(320)를 공유하여 사용할 수도 있다.

[0056]

그리고 영상 보정부(400)는 획득된 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 계수($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2), \gamma$)가 획득된 수학식 3에 대입함으로써, 타겟 슬라이스 영상(TSI)에 대한 보정 투영 영상(P'_T)을 (d)와 같이 획득할 수 있다. 이때, 영상 보정부(400)는 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_W, \vec{P}_B)로부터 보정 투영 영상(P'_T)의 대응하는 열벡터($\vec{P}_B' + \vec{P}_W'$)를 획득할 수 있다.

[0057]

그리고 획득된 보정 투영 영상(P'_T)을 복원하여 (e)에 도시된 바와 같이, 타겟 슬라이스 영상에 대한 보정 복원 영상(I'_T)을 획득한다.

[0058]

여기서는 영상 보정부(400)가 타겟 슬라이스 영상(TSI)을 인가받아 보정하는 것으로 설명하였으나, 경우에 따라 영상 보정부(400)는 기준 슬라이스 영상(RSI)도 함께 인가받아 동일한 방식으로 보정을 수행할 수도 있다.

[0059]

즉 본 실시예에 따른 영상 복원 장치는 다수의 슬라이스 영상 중 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 선택하고, 선택된 기준 슬라이스 영상(RSI)의 경조직 및 연조직을 구분한 영상 각각에 대한 투영 영상에서 수직 아티팩트를 제거하기 위한 다항식을 근사한다. 그리고 근사된 다항식을 이용하여, 이후 타겟 슬라이스 영상(TSI)의 경조직 영상과 연조직 영상의 투영 영상으로부터 타겟 슬라이스 영상(TSI)에 대한 변환 투영 영상(P'_T)을 획득하고, 획득된 변환 투영 영상(P'_T)을 복원함으로써, 고리형 아티팩트가 제거된 고품질의 슬라이스 영상을 획득할 수 있도록 한다.

[0060]

상기한 바와 같이, 본 실시예에 따른 영상 복원 장치는 측정 대상을 촬영하여 획득된 다수의 슬라이스 영상 중 일부를 이용하여 아티팩트를 제거하기 위한 다항식을 추출하므로, 고리형 아티팩트를 제거하기 위한 비교 대상으로 워터 팬텀 등을 이용하는 기존의 영상 복원 장치와 달리 별도의 비교 대상을 요구하지 않는다. 따라서 비

교 대상의 구조나 구성 및 촬영 위치 등을 고려하지 않고서도 용이하게 고리형 아티팩트를 제거할 수 있다. 또한 거의 동일한 시간 구간에 함께 획득되는 다수의 슬라이스 영상 중 일부를 기준 영상으로 선택하여 이용하므로, 촬영 시간에 따라 가변되는 PCD 장비의 특성 값에 무관하게 고리형 아티팩트를 용이하게 제거할 수 있다.

[0061] 한편, 상기에서는 영상 획득부(100)가 PCD에서 획득된 로 데이터를 이용하여 재구성한 복원 영상을 기준 슬라이스 선택부(200)로 전달하는 것으로 설명하였다. 그러나 경우에 따라서는 영상 획득부(100)가 기존의 영상 보정 방법에 따라 1차 보정한 복원 영상을 기준 슬라이스 선택부(200)로 전달하도록 구성될 수도 있다. 이 경우, 기존 보정 기법에 따라 고리형 아티팩트가 1차로 제거된 복원 영상에 대해 다시 2차로 고리형 아티팩트를 제거함으로써, 고리형 아티팩트가 보다 성공적으로 제거된 복원 영상을 획득할 수 있다.

[0062] 이때, 기존의 영상 보정 방법으로는 일예로 측정 대상과 유사한 크기의 워터 팬텀을 동일한 PCD를 이용하여 촬영한 투영 영상의 수직 아티팩트를 계산하여 측정 대상을 촬영한 투영 영상에서 차감하는 첫번째 방법이 이용될 수 있다. 이 경우, 1차 보정된 투영 영상(Projection)은 수학적 4로서 획득된다.

수학적 4

$$[0063] \text{Projection} = -\ln \frac{\text{Raw_image}^{\text{object}} \times \alpha}{\text{Air_image}} - \left(-\ln \frac{\text{Raw_image}^{\text{water}} \times \alpha}{\text{Air_image}} \right) = -\ln \left(\frac{\text{Raw_image}^{\text{object}}}{\text{Raw_image}^{\text{water}}} \right)$$

[0064] 여기서 Raw_image^{object}는 측정 대상을 PCD로 촬영하여 획득된 투영 영상이고, Raw_image^{water}는 워터 팬텀을 PCD로 촬영하여 획득된 투영 영상이며, Air_image는 PCD의 특성에 따라 미리 지정되는 이미지 상수이고, α는 에너지 왜곡률로서, Raw_image^{object}와 Raw_image^{water}사이의 왜곡 정도를 나타낸다.

[0065] 즉 영상 획득부(100)는 수학적 4에 따라 1차 보정된 투영 영상을 복원한 복원 영상을 기준 슬라이스 선택부(200)로 전달하도록 구성될 수 있다. 그러나 영상 획득부(100)는 다른 기존의 영상 보정 방법에 따라 보정된 투영 영상을 복원한 복원 영상을 기준 슬라이스 선택부(200)로 전달할 수도 있다.

[0066] 도5는 본 발명의 실시예에 따른 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 방법을 나타낸다.

[0067] 도1 내지 도4를 참조하여, 도5의 PCD 기반 다중에너지 CT 영상 보정 방법을 설명하면, 우선 PCD가 측정 대상으로 방사선을 조사하고, 다수의 에너지 대역 별로 구분하여 검출한 로 데이터를 기반으로 복원 영상을 획득한다(S10).

[0068] 복원 영상이 획득되면, 다수의 슬라이스 영상으로 구성된 복원 영상에서 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 선택한다(S20). 경우에 따라서는 기존의 영상 보정 기법에 따라 고리형 아티팩트가 1차로 제거되어 복원된 복원 영상에서 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)을 선택할 수도 있다.

[0069] 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI)이 선택되면, 선택된 적어도 하나의 기준 슬라이스 영상(RSI) 각각에 대해 지정된 분류 문턱값을 이용하여 픽셀을 구분함으로써, 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W)을 구분하여 획득한다(S30).

[0070] 그리고 획득된 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 각각에 대한 픽셀값을 단일 대푯값으로 대체하여 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W)을 획득한다(S40). 여기서 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 각각 단일 대푯값은 일예로 경조직 픽셀에 대한 평균값과 연조직 픽셀에 대한 평균값이 지정될 수 있다.

[0071] 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W)이 획득되면, 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 및 변환 경조직 영상(I'_B) 및 변환 연조직 영상(I'_W) 각각을 기지정된 방식에 따라 변환하여 투영 영상((P_B, P_W), (P'_B, P'_W))을 획득한다(S50).

[0072] 그리고 획득된 경조직 투영 영상(P_B)과 연조직 투영 영상(P_W) 및 변환 경조직 투영 영상(P'_B)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W) 사이의 관계를 나타내는 다항식을 최소 제곱법을 이용하여 근사하여 보정 계수((α₁, α₂, α₃), (β₁, β₂))를 획득한다(S50).

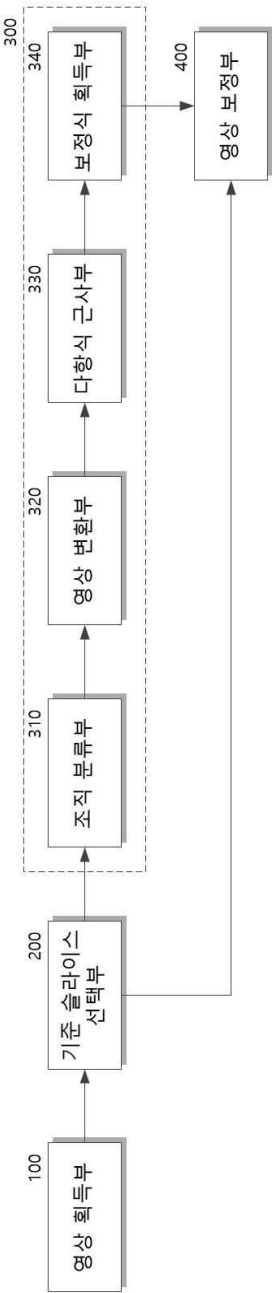
- [0073] 이때, 연조직 투영 영상(P_W)의 각 열 벡터(\vec{P}_W)와 변환 연조직 투영 영상(P'_W)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_W) 각각의 사이의 관계로부터 수학식 1의 형태에 따르는 다항식의 보정 계수($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$)를 획득하고, 경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_B) 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 대응하는 열 벡터(\vec{P}'_B) 사이의 관계로부터 수학식 2의 형태에 따르는 다항식의 보정 계수(β_1, β_2)를 획득한다.
- [0074] 또한 수학식 1 및 2의 계수들($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2)$)과 변환 연조직 투영 영상(P'_W)과 변환 경조직 투영 영상(P'_B)의 합 및 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 합 사이의 관계로부터 수학식 3의 계수(γ)를 획득함으로써, 보정식을 획득한다(S70).
- [0075] 보정식이 획득되면, 타겟 슬라이스 영상(TSI)을 분류 문턱값에 따라 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W)의 2개의 영상으로 구분하고, 구분된 경조직 영상(I_B)과 연조직 영상(I_W) 각각에 대한 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)을 획득한다(S80).
- [0076] 그리고 획득된 연조직 투영 영상(P_W)과 경조직 투영 영상(P_B)의 각 열 벡터(\vec{P}_W, \vec{P}_B)를 계수($(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3), (\beta_1, \beta_2), \gamma$)가 획득된 수학식 3의 보정식에 대입함으로써, 보정 투영 영상(P'_T)의 대응하는 열벡터($\vec{P}'_B + \vec{P}'_W$)를 획득한다(S90).
- [0077] 수직 아티팩트가 제거된 보정 투영 영상(P'_T)을 기지정된 방식으로 복원함으로써, 타겟 슬라이스 영상에 대한 고리형 아티팩트가 제거된 보정 복원 영상(I'_T)을 획득한다.
- [0078] 도6 은 본 실시예에 따른 영상 보정 방법의 성능을 비교한 결과를 나타낸다.
- [0079] 도6 에서는 PCD가 40 ~ 60keV, 60 ~ 80keV 및 80 ~ 100keV의 3개의 에너지 대역으로 구분하여 검출하는 경우에 각 에너지 대역에서 획득되는 슬라이스 영상을 나타내었다. 도6 에서 (a)는 PCD가 획득한 투영 영상을 보정없이 복원 영상으로 복원한 결과를 나타내고, (b)는 기존의 영상 보정 방법 중 세번째 방법을 이용하여 보정한 후 획득된 복원 영상을 나타낸다. 그리고 (c)는 본 실시예의 영상 보정 방법에 따라 획득된 보정 영상을 나타낸다.
- [0080] 도6 에 도시된 바와 같이, (c)에 나타난 본 실시예에 따른 영상 보정 방법은 (a) 및 (b)의 복원 영상에 비해 고리형 아티팩트가 크게 줄어들었음을 확인할 수 있다.
- [0081] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.
- [0082] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.
- [0083] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

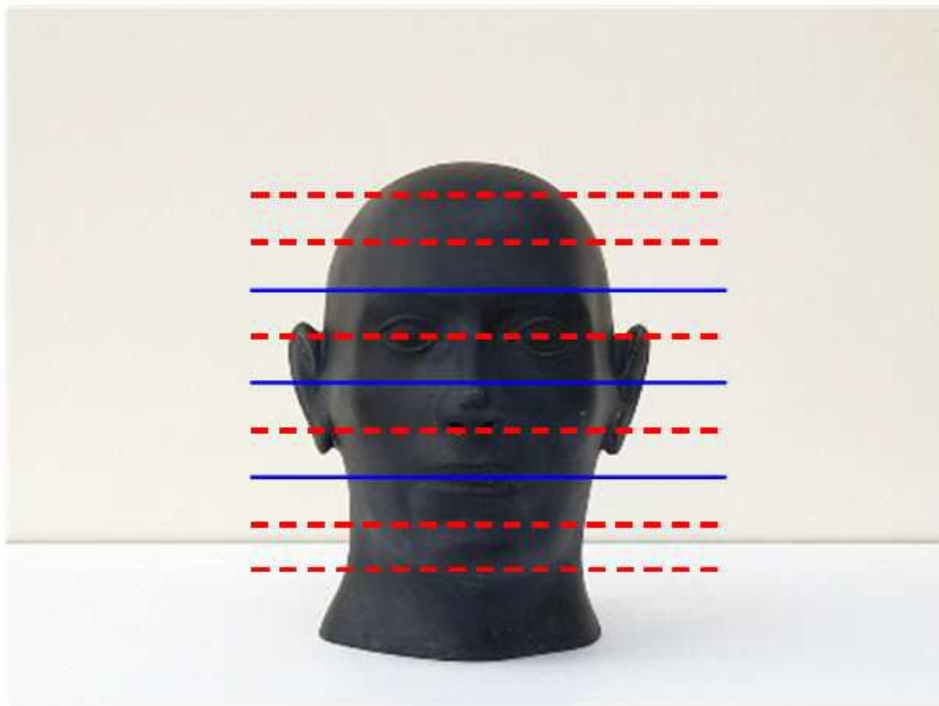
- | | |
|--------------------|------------------|
| [0084] 100: 영상 획득부 | 200: 기준 슬라이스 선택부 |
| 300: 보정식 획득부 | 400: 영상 보정부 |
| 310: 조직 분류부 | 320: 영상 변환부 |
| 330: 다항식 근사부 | 340: 보정 계수 획득부 |

도면

도면1

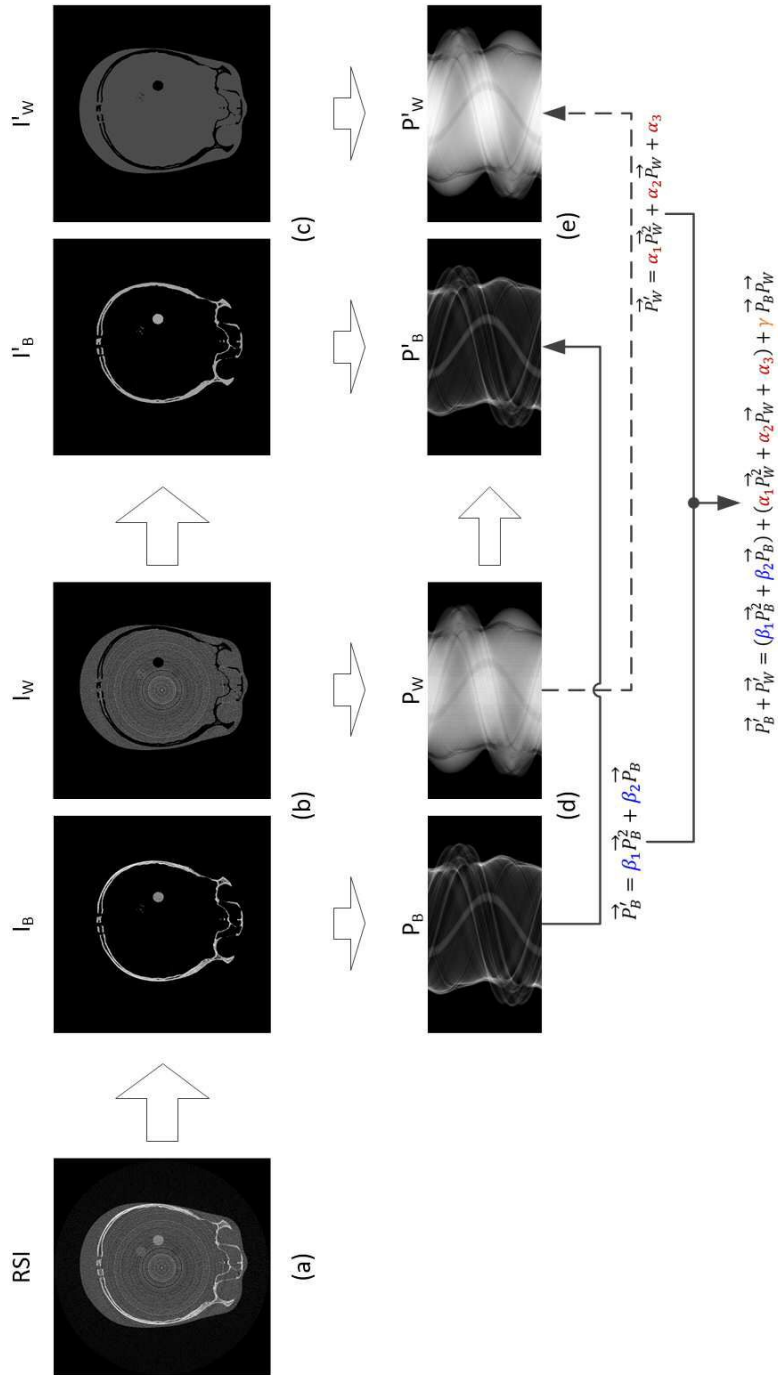


도면2

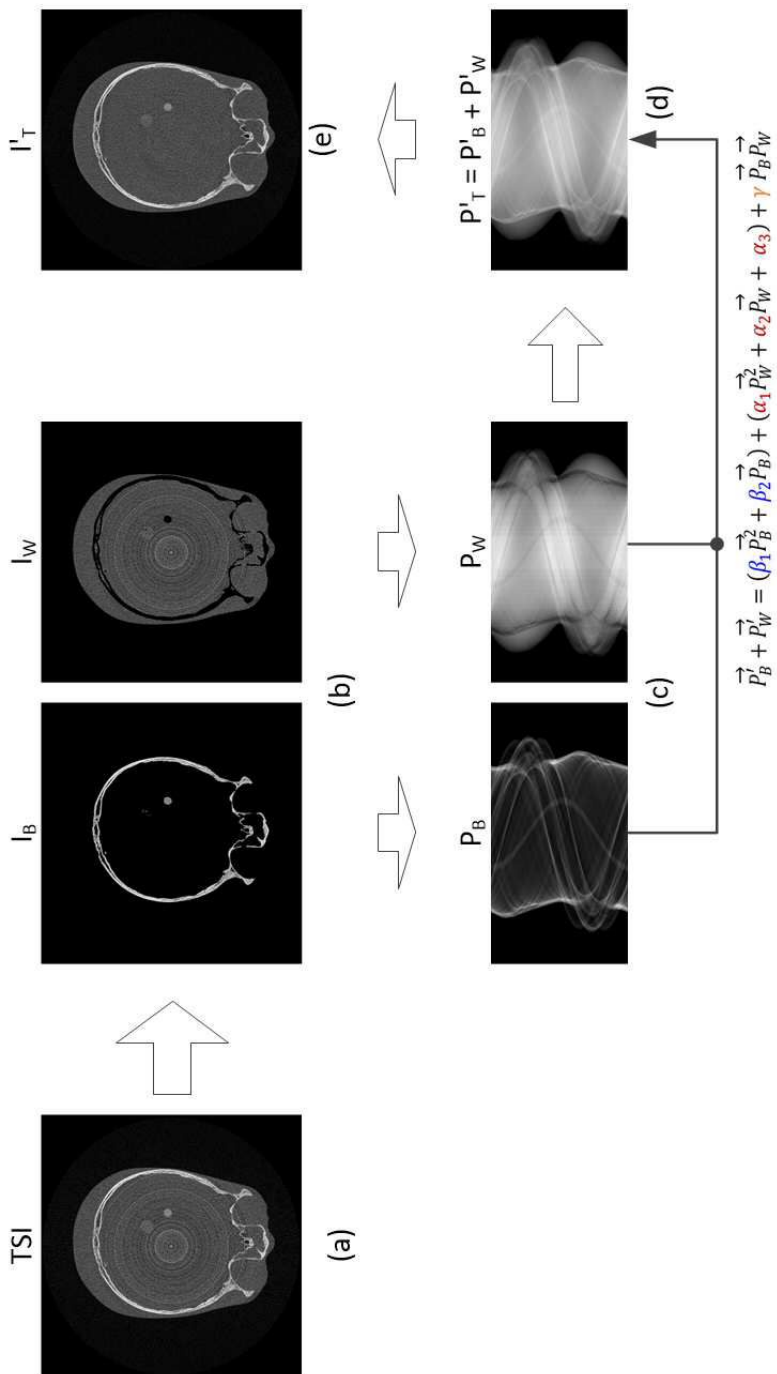


— RSI
- - - TSI

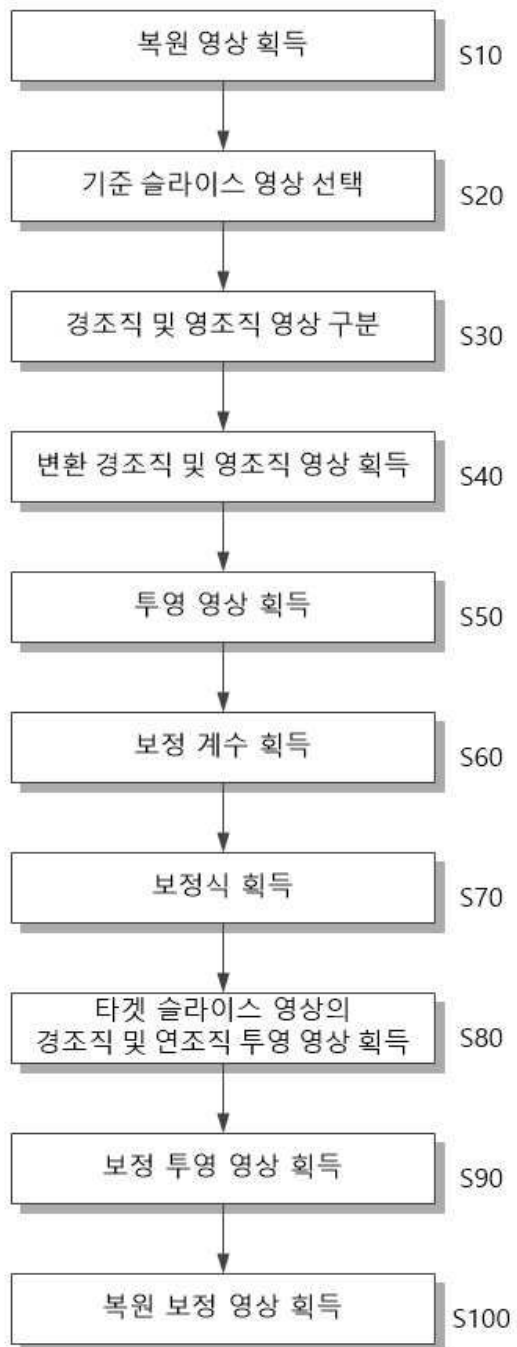
도면3



도면4



도면5



도면6

