



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년08월11일
(11) 등록번호 10-1056287
(24) 등록일자 2011년08월04일

(51) Int. Cl.
H04N 5/232 (2006.01) G06T 5/00 (2006.01)
H04N 5/32 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0070609
(22) 출원일자 2010년07월21일
심사청구일자 2010년07월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100045277 A
논문 : 09. IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM
KR1020060053091 A

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전 유성구 구성동 373-1
(72) 발명자
예종철
대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원
최지영
경기도 부천시 원미구 중2동 그린타운아파트 132
2동 402호
김경상
대전광역시 유성구 어은동 114-12 103호
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 15 항

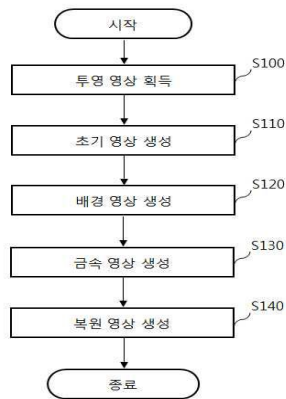
심사관 : 강석제

(54) 압축 센싱 및 기대치 최대화 알고리즘을 사용한 X-선 전산 단층 촬영 영상의 금속성 음영 제거 방법 및 장치

(57) 요약

X-선 전산 단층 촬영 영상에서 금속성 음영을 제거하기 위한 방법 및 장치가 제공된다. 환자로부터 얻어진 복수 개의 투영 영상이 정렬된 부분 집합들로 분류되고, 부분 집합들 각각에 대해 순차적으로 희소성 제약 함수를 사용하는 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 복원 영상이 생성된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100000855

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 분해능의 한계를 넘어서: 압축샘플링 바이오영상 기법

기여율

주관기관 한국과학기술원

연구기간 2010. 3. 1 ~ 2011. 2. 28

특허청구의 범위

청구항 1

복수 개의 투영 영상에 필터를 사용한 역 투영을 적용하여 초기 복원 영상을 생성하는 단계;

상기 초기 복원 영상에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 제거하여 배경 영상을 생성하는 단계;

상기 복수 개의 투영 영상에서 상기 금속 부분을 추출하여, 상기 추출된 금속 부분에 대한 금속 영상을 생성하는 단계; 및

상기 배경 영상 및 상기 금속 영상을 합함으로써 최종 복원 영상을 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 금속 영상을 생성하는 단계는, 상기 복수 개의 투영 영상을 정렬된 부분 집합들로 분류하고, 상기 정렬된 부분 집합 중 일부의 투영 영상에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 상기 금속 영상을 생성하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배경 영상을 생성하는 단계는,

상기 금속 부분을 분리하는 단계; 및

상기 분리된 금속 부분을 재 투영하는 단계

를 포함하고,

상기 금속 영상을 생성하는 단계는, 상기 재 투영된 분리된 금속 부분을 사용하여 상기 금속 부분을 식별하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 생성 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기대치 최대화 확률 모델 연산은 상기 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상을 생성하는 것이고, 상기 금속 영상은 상기 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상 중 첫 번째로 수렴하는 것인, X-선 전산 단층 촬영 영상 생성 방법.

청구항 4

복수 개의 투영 영상에 필터를 사용한 역 투영을 적용하여 초기 복원 영상을 생성하는 초기 복원 영상 생성부;

상기 초기 복원 영상에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 제외한 배경 영상을 생성하는 배경 영상 생성부;

상기 복수 개의 투영 영상에서 상기 금속 부분을 추출하여, 상기 추출된 금속 부분에 대한 금속 영상을 생성하는 금속 영상 생성부; 및

상기 배경 영상 및 상기 금속 영상을 합함으로써 최종 복원 영상을 생성하는 최종 복원 영상 생성부

를 포함하고,

상기 금속 영상 생성부는, 상기 복수 개의 투영 영상을 정렬된 부분 집합들로 분류하고, 상기 정렬된 부분 집합 중 일부의 투영 영상에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 상기 금속 영상을 생성하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 배경 영상 생성부는, 상기 금속 부분을 분리하고, 상기 분리된 금속 부분을 재 투영하며,

상기 금속 영상 생성부는, 상기 재 투영된 분리된 금속 부분을 사용하여 상기 금속 부분을 식별하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 기대치 최대화 확률 모델 연산은 상기 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상을 생성하는 것이고

상기 금속 영상 생성부는, 상기 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상 중 처음으로 수렴하는 것을 상기 금속 영상으로서 생성하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 장치.

청구항 7

투영 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 복원하는 방법에 있어서,

복수 개의 투영 영상들 각각으로부터 금속 부분을 추출하여 복수 개의 금속 부분 투영 영상을 생성하는 단계;

생성된 복수 개의 금속 부분 투영 영상들을 정렬된 부분 집합들로 분류하는 단계;

정렬된 부분 집합들 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계; 및

상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부를 판단하는 단계

를 포함하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상의 포인트에 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산에서 생성된 영상을 곱한 것인, 투영 영상 내 금속 부분 복원 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계는, 상기 하나의 부분 집합 내의 상기 금속 부분 투영 영상들 중 일부에 대해서만 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 방법.

청구항 10

투영 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 복원하는 장치에 있어서,

복수 개의 투영 영상들 각각으로부터 금속 부분을 추출하여 복수 개의 금속 부분 투영 영상을 생성하는 금속 부분 투영 영상 생성부;

상기 생성된 복수 개의 금속 부분 투영 영상들을 정렬된 부분 집합으로 분류하는 분류부;

상기 정렬된 부분 집합 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 금속 영역 복원 영상 생성부; 및

상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부를 판단하는 수렴 판단부

를 포함하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상의 포인트에, 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산에서 생성된 영상을 곱한 것인, 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 금속 영역 복원 영상 생성부는 상기 하나의 부분 집합 내의 상기 금속 부분 투영 영상들 중 일부에 대해서만 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치.

청구항 13

금속 부분 투영 영상들의 정렬된 부분 집합을 사용하여 생성된 금속 영역 복원 영상을 업데이트하는 방법에 있어서,

상기 금속 영역 복원 영상을 가상 투영하여 가상 투영 영상을 생성하는 단계;

X-선 전산 단층 촬영에 의해 획득된 투영 영상을 상기 가상 투영 영상으로 나누어 비율 영상을 생성하는 단계;

상기 비율 영상, 상기 부분 집합, 상기 부분 집합에 의한 밀도 표준화 함수 및 희소성 제약 함수에 기반하여 업데이트 영상을 생성하는 단계; 및

상기 업데이트 영상 및 상기 금속 영상 복원 영상에 기반하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 상기 금속 영역 복원 영상의 포인트에 상기 업데이트 영상을 곱한 것인, 금속 영역 복원 영상 업데이트 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 업데이트 영상을 생성하는 단계는,

상기 부분 집합을 사용하여 상기 비율 영상에 대한 역 투영을 수행함으로써 역 투영 영상을 생성하는 단계; 및

상기 부분 집합에 의한 밀도 표준화 함수 및 희소성 제약 함수를 합한 함수로 상기 역 투영 영상을 나눔으로써 업데이트 영상을 생성하는 단계

를 포함하는, 금속 영역 복원 영상 업데이트 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 가상 투영 영상을 생성하는 단계는, 상기 금속 부분 투영 영상들과 동일한 조건을 가상으로 생성하여 상기 가상 투영 영상을 생성하는, 금속 영역 복원 영상 업데이트 방법.

명세서

기술분야

[0001] 아래의 실시예들은 X-선 전산 단층 촬영 영상에서 금속성 음영을 제거하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]일반적으로, 물질은 X-선에 대한 고유한 흡수 계수(attenuation coefficient)를 갖는다. 흡수 계수는 에너지 대역에 따라 다른 값이다.

[0003] X-선 전산 단층 촬영(computed tomography; CT)에서, 3차원 영상 복원을 위한 해석학적인 방법 중 하나인 FDK(Feldkamp, Davis, and Kress) 알고리즘(algorithm)은, 투영 영상이 하나의 에너지 대역에서의 일관적인 투과도에 의해 획득된 값이라고 가정한다.

[0004] 실제로 단층 촬영에서 사용되는 X-선은 다양한 에너지 대역폭을 갖는다. 따라서, 측정된 투영 영상으로부터 이

러한 FDK 알고리즘을 통하여 역 투영된 영상은 인공 음영을 갖는다.

- [0005] 이러한 인공 음영은, 특히 밀도가 큰 금속성 물질에 대하여 매우 강하게 나타난다.
- [0006] 일부 금속성 물질은 X-선 투과도가 상당히 낮다. 따라서, 광자는 이러한 금속성 물질을 전혀 투과하지 못하며, 심각한 정도의 인공 음영이 생성된다.
- [0007] 따라서, 인체에 삽입된 금속성 보철물이 단층 촬영되면, 인체 구성 성분에 비해 심한 인공 음영이 생성된다.
- [0008] 측정된 투영 영상을 역 투영한 영상에서, 체내에 삽입된 금속성 보철물은 그 주위에 강한 값(striking artifact) 및 어두운 음영(shading artifact)를 발생시킨다.
- [0009] 이러한 금속성 인공 음영은 보철물의 실제 모양을 정확하게 알기 어렵게 하고, 실제 체내 구조와 보철물이 인접한 경우 실제 체내 구조 및 보철물 사이에 어두운 음영을 발생시켜 양자 간의 구분을 어렵게 한다.
- [0010] 이러한 금속성 인공 음영을 제거하기 위한 방법으로서, 단층 영상에서 획득되는 투영 영상에서 보철물에 의해 훼손된 부분을 보간법 등의 방법을 통해 보완하여 한 번에 역 투영하는 방법이 있고, 복원된 영상의 투영 값과 투영 영상 간의 차이를 줄여가는 반복적인 복원을 통해 복원된 삼차원 영상을 실제에 가깝게 만드는 방법이 있다.
- [0011] 역 투영에 의한 방법은, 실제 투영 영상에서 얻을 수 있는 정보를 다시 사용할 수 없어 정확한 복원이 어렵다는 문제가 있다.
- [0012] 반복적인 복원에 의한 방법은 삼차원 영상의 복원에 소요되는 시간이 길다는 문제 및 투영 영상이 모든 각도로 부터 촬영된 영상을 포함하지 않는 경우 영상을 완벽하게 복원하는 것이 불가능하다는 문제가 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일측에 따르면, 복수 개의 투영 영상에 필터를 사용한 역 투영을 적용하여 초기 복원 영상을 생성하는 단계, 상기 초기 복원 영상에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 제거하여 배경 영상을 생성하는 단계, 상기 복수 개의 투영 영상에서 상기 금속 부분을 추출하여, 상기 추출된 금속 부분에 대한 금속 영상을 생성하는 단계 및 상기 배경 영상 및 상기 금속 영상을 합함으로써 최종 복원 영상을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 금속 영상을 생성하는 단계는, 상기 복수 개의 투영 영상을 정렬된 부분 집합들로 분류하고, 상기 정렬된 부분 집합 중 일부의 투영 영상에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 상기 금속 영상을 생성하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 생성 방법이 제공된다.
- [0014] 상기 배경 영상을 생성하는 단계는, 상기 금속 부분을 분리하는 단계 및 상기 분리된 금속 부분을 재 투영하는 단계, 재 투영 영상에서 금속 부분을 제외한 배경 영상 복원 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 금속 영상을 생성하는 단계는, 상기 재 투영된 분리된 금속 부분을 사용하여 상기 금속 부분을 식별할 수 있다.
- [0016] 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산은 상기 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상을 생성하는 것일 수 있고, 상기 금속 영상은 상기 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상 중 첫 번째로 수렴하는 것일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일측에 따르면, 복수 개의 투영 영상에 필터를 사용한 역 투영을 적용하여 초기 복원 영상을 생성하는 초기 복원 영상 생성부, 상기 초기 복원 영상에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 제외한 배경 영상을 생성하는 배경 영상 생성부, 상기 복수 개의 투영 영상에서 상기 금속 부분을 추출하여, 상기 추출된 금속 부분에 대한 금속 영상을 생성하는 금속 영상 생성부 및 상기 배경 영상 및 상기 금속 영상을 합함으로써 최종 복원 영상을 생성하는 최종 복원 영상 생성부를 포함하고, 상기 금속 영상 생성부는, 상기 복수 개의 투영 영상을 정렬된 부분 집합들로 분류하고, 상기 정렬된 부분 집합 중 일부의 투영 영상에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 상기 금속 영상을 생성하는, X-선 전산 단층 촬영 영상 장치가 제공된다.
- [0018] 상기 배경 영상 생성부는, 상기 금속 부분을 분리하고, 상기 분리된 금속 부분을 재 투영할 수 있고, 상기 금속 영상 생성부는, 상기 재 투영된 분리된 금속 부분을 사용하여 상기 금속 부분을 식별할 수 있다.
- [0019] 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산은 상기 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상을

생성할 수 있고, 상기 금속 영상 생성부는, 상기 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상 중 처음으로 수렴하는 것을 상기 금속 영상으로서 생성할 수 있다.

- [0020] 본 발명의 일측에 따르면, 투영 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 복원하는 방법에 있어서, 복수 개의 투영 영상들 각각으로부터 금속 부분을 추출하여 복수 개의 금속 부분 투영 영상을 생성하는 단계, 생성된 복수 개의 금속 부분 투영 영상들을 정렬된 부분 집합들로 분류하는 단계, 정렬된 부분 집합들 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계 및 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부를 판단하는 단계를 포함하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 방법이 제공된다.
- [0021] 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상의 포인트에 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산에서 생성된 영상을 곱한 것일 수 있다.
- [0022] 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계는, 상기 하나의 부분 집합 내의 상기 금속 부분 투영 영상들 중 일부에 대해서만 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일측에 따르면, 투영 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 복원하는 장치에 있어서, 복수 개의 투영 영상들 각각으로부터 금속 부분을 추출하여 복수 개의 금속 부분 투영 영상을 생성하는 금속 부분 투영 영상 생성부, 상기 생성된 복수 개의 금속 부분 투영 영상들을 정렬된 부분 집합으로 분류하는 분류부, 상기 정렬된 부분 집합 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 금속 영역 복원 영상 생성부 및 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부를 판단하는 수렴 판단부를 포함하는, 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치가 제공된다.
- [0024] 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상의 포인트에, 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산에서 생성된 영상을 곱한 것일 수 있다.
- [0025] 상기 금속 영역 복원 영상 생성부는 상기 하나의 부분 집합 내의 상기 금속 부분 투영 영상들 중 일부에 대해서만 상기 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일측에 따르면, 금속 부분 투영 영상들의 정렬된 부분 집합을 사용하여 생성된 금속 영역 복원 영상을 업데이트하는 방법에 있어서, 상기 금속 영역 복원 영상을 가상 투영하여 가상 투영 영상을 생성하는 단계, X-선 전산 단층 촬영에 의해 획득된 투영 영상을 상기 가상 투영 영상으로 나누어 비율 영상을 생성하는 단계, 상기 비율 영상, 상기 부분 집합, 상기 부분 집합에 의한 밀도 표준화 함수 및 희소성 제약 함수에 기반하여 업데이트 영상을 생성하는 단계 및 상기 업데이트 영상 및 상기 금속 영상 복원 영상에 기반하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성하는 단계를 포함하고, 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 상기 금속 영역 복원 영상의 포인트에 상기 업데이트 영상을 곱한 것인, 금속 영역 복원 영상 업데이트 방법이 제공된다.
- [0027] 상기 업데이트 영상을 생성하는 단계는, 상기 부분 집합을 사용하여 상기 비율 영상에 대한 역 투영을 수행함으로써 역 투영 영상을 생성하는 단계 및 상기 부분 집합에 의한 밀도 표준화 함수 및 희소성 제약 함수를 합한 함수로 상기 역 투영 영상을 나눔으로써 업데이트 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 가상 투영 영상을 생성하는 단계는, 상기 금속 부분 투영 영상들과 동일한 조건을 가상으로 생성하여 상기 가상 투영 영상을 생성할 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 금속의 희소성을 이용한 금속성 음영 제거 장치 및 방법이 제공된다.
- [0030] 투영 영상들의 일부 만을 사용하는 금속성 음영 제거 장치 및 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-선 CT에서의 금속성 인공음영제거 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 예에 따른 배경 영상 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 영상 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 예에 따른 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 연산 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-선 전산 단층 촬영 영상 장치의 구조도이다.

도 6는 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치의 구조도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하에서, 본 발명의 일 실시예를, 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 X-선 CT에서의 금속성 인공 음영 제거 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0034] 단계(S100)에서, X-선 전산 단층 촬영에 의해 환자의 투영 영상이 획득된다.

[0035] 단계(S110)에서, 초기 영상이 복원 된다.

[0036] 초기 영상 복원은 획득된 환자의 투영 영상들로부터 금속과 배경을 구분하기 위한 초기화를 수행하는 것이다.

[0037] 전 단계(S100)에서 획득된 환자의 투영 영상에 필터를 통한 역 투영 과정을 적용하여 초기 복원 영상이 생성된다. 초기 복원 영상은 금속 인공 음영이 존재하는 상태로 복원된다.

[0038] 상기의 역 투영 과정을 통한 초기 영상 복원은 FDK 알고리즘(algorithm)을 이용하여 수행될 수 있다. FDK 알고리즘은 초기 영상 복원의 수행 속도를 빠르게 할 수 있다.

[0039] 하기의 수학식 1 내지 수학식 3은 X-선의 일반적인 특징을 나타낸다.

수학식 1

$$\hat{m}_i = b_i \exp\left(-\sum_{j=1}^N l_{ij} \mu_j\right)$$

[0040]

[0041] \hat{m}_i 는 X-선 단층 촬영에 의해 획득될 수 있는 측정 값으로서, 하나의 에너지 레벨에 대하여 획득되는 값을 나타낸다.

[0042] μ_j 는 측정하고자 하는 물체의 에너지 레벨에 대한 흡수 계수를 의미한다.

[0043] X-선 에너지의 흡수 정도는 X선이 물질을 지나는 길이에 비례한다.

[0044] l_{ij} 는 i 번째 검출자 화소(detector pixel)에 대하여, X-선이 j 번째에 위치한 물질을 통과하는 길이를 나타낸다.

[0045] b_i 는 물질이 없을 때, 즉 공기만 있을 경우의 측정 값을 나타낸다.

수학식 2

$$\hat{m}_i = \sum_{k=1}^K b_{ik} \exp\left(-\sum_{j=1}^N l_{ij} \mu_{jk}\right)$$

[0046]

[0047] \hat{m}_i 는 X-선 단층 촬영에 의해 획득될 수 있는 측정 값으로서, 하나의 에너지 레벨에 대하여 획득되는 값을 나타낸다.

[0048] μ_{jk} 는 측정하고자 하는 물체의 j 번째에 위치한 물질의 k 에너지 레벨에 대한 흡수 계수를 의미한다.

[0049] l_{ij} 는 i 번째 검출자 화소(detector pixel)에 대하여, X-선이 j 번째에 위치한 물질을 통과하는 길이를 나타낸다.

[0050] b_{ik} 는 물질이 없을 때, 즉 공기만 있을 경우의 측정 값을 나타낸다.

[0051] 하기의 수학식 3은 단층 촬영에 있어서, 흡수 계수에 의해 획득된 원 영상으로부터 투영 영상을 계산하는 수식이다.

수학식 3

[0052]
$$\hat{p}_i = -\ln \frac{\hat{m}_i}{b_0} = \sum_{j=1}^N l_{ij} \mu_j$$

[0053] \hat{p}_i 는 X-선 단층 촬영에 의해 획득될 수 있는 측정 값으로서, K 개의 에너지 레벨에 대하여 획득되는 값을 나타낸다.

[0054] b_0 은 물질이 없을 때, 즉 공기만 있을 경우의 측정 값을 나타낸다.

[0055] 수학식 3을 참조하면, 투영 영상은 X-선이 지나는 선을 따라, 흡수 계수 μ 및 지나는 길이 l 의 곱들을 합한 것으로 표현된다. \hat{p}_i 의 값은 수학식 1을 간단하게 변형시킴으로써 표현될 수 있다.

[0056] 수학식 3은 하나의 에너지 레벨에 대하여 측정된 것으로 가정하였을 경우의 측정 값을 표현한 것이다.

수학식 4

[0057]
$$p_i = -\ln \frac{m_i}{b_0}$$

[0058] 수학식 4에서, p_i 는 실제로 측정된 m_i 에 대한 측정 값으로, 상기 측정 값은 잡음(noise)을 포함하고 푸아송(poisson) 분포를 따른다.

[0059] 하기의 수학식 5는 FDK 알고리즘을 나타내는 수식으로서, 원뿔형 단층 영상으로부터 얻어진 2차원 투영 영상 \hat{p} 로부터 3차원 영상 $\hat{\mu}$ 를 복원한다.

수학식 5

[0060]
$$\hat{\mu}(x, y, z) = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} \left(\frac{D}{R - y_\beta} \right)^2 \int_{-\infty}^{\infty} \hat{p}_\beta(u, v) h \left(\frac{Dx_\beta}{R - y_\beta} - u \right) \frac{D}{\sqrt{D^2 + u^2 + v^2}} du d\beta$$

[0061] 여기서, R 은 물체와 X-선 소스(source)와의 거리를 의미하며, D 는 X-선 소스 및 검출자(detector) 간의 거리를 의미한다.

[0062] $h(u)$ 는 수평 방향에 대한 필터를 나타낸다.

[0063] β 는 획득된 투영 영상들 각각에 해당하는 회전 각을 의미한다.

[0064] 하기의 수학식 6은 수학식 5의 투영 영상 \hat{p} 가 수평 방향으로 잘린(width truncated CT geometry) 작은 크기의 검출자에 대해 측정된 것일 경우에 적용된다.

수학식 6

[0065]
$$\hat{p}(u, v) = p(u, v)\lambda(u)$$

[0066] \hat{p} 는, 수학식 2에서와 같이, p 에 간단한 수평 방향 가중치 λ 를 곱함으로써 획득된 값이다.

[0067] 수평 방향 가중치 λ 는 투영 영상의 크기가 줄어들지 않았다는 가정하에서 초기 영상을 복원하기 위한 가중치이다.

[0068] 각각의 회전 각에 대해 회전된 좌표계에서의 복원 영상이 획득될 수 있으며, 획득된 회전된 좌표계에서의 복원 영상을 모든 각도에 대해 적분함으로써 초기 복원 영상이 획득될 수 있다.

[0069] 전술된 것과 같이, 상기의 초기 복원 영상은 투영 영상이 단일한 X-선 에너지에 대해서 측정된 것이라는 가정하에 획득된다. 따라서, 환자의 체내에 금속성 물질이 존재하는 경우, 생성된 초기 복원 영상은 심각하게 훼손된 것이다.

[0070] 단계(S120)에서 배경 영상이 생성된다.

[0071] 배경 영상의 생성은, 전술된 초기 영상 복원 단계(S110)를 통해 획득된 초기 복원 영상에서 금속을 나타내는 부분을 제거하고, 상기 제거된 부분에 배경을 복원해 넣는 것이다.

[0072] 배경 영상을 복원하기 위해, 임계 값에 따라 초기 복원 영상에서 금속으로 간주되는 부분이 추출된다.

[0073] 추출된 금속으로 간주되는 부분은 재 투영될 수 있다. 상기 재 투영으로, 단계(S100)에서 환자로부터 획득된 투영 영상 내에서 금속 영역이 식별될 수 있다.

[0074] 금속으로 간주되는 부분은 초기 복원 영상에서 제거되며, 제거된 부분에 그 근처의 배경 값을 채움으로써 배경 영상이 복원된다.

[0075] 구체적인 배경 영상 복원 방법이 도 2를 참조하여 하기에서 상세히 설명된다.

[0076] 단계(S130)에서 금속 영상이 생성된다.

[0077] 금속 영상의 생성은 단계(S100)에서 획득된 투영 영상에서 금속을 나타내는 부분을 복원하는 것이다.

[0078] 금속을 나타내는 부분은 전술된 단계(S120)에서 재 투영에 의해 식별된 부분일 수 있다.

[0079] 금속 영상의 복원을 위해 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 모델 알고리즘이 이용된다. 상기 알고리즘은 반복적인 추정을 통해 영상의 실제 값과 가까운 값으로 찾아 나아간다.

[0080] 확률 모델을 사용함으로써, 원래의 값에 근접한 복원이 가능하며 생성된 영상의 질이 뛰어나다.

[0081] 일반적으로, 금속 영역은 투영 영상의 작은 면적 내에서만 존재하므로, 상기 금속 영역에 대한 희소성이 보장될 수 있다.

[0082] 금속 복원에 있어서, 부분 집합 전체에 대해 금속 복원이 수행되는 것을 한번 통과(One-pass)라 하고, 부분 집합 중 일부 투영 영상에 대해서만 수행되는 것을 부분 통과(Fractional-pass)라 한다.

[0083] 본 실시예에서는, 부분 통과하는 정렬된 부분 집합을 기대치 최대화 확률 모델에 적용한다. 따라서, 적은 업데이트 횟수 만으로도 기대치 최대화 확률 모델이 수렴하고, 속도가 개선된다.

- [0084] 또한, 희소성 제약이 기대치 최대화 확률 모델 알고리즘에 추가되어, 금속 영역이 좀 더 세밀하게 복원된다. 즉, 복원된 금속 영역의 정확도가 향상된다.
- [0085] 기대치 최대화 확률 모델을 사용한 금속 영상 복원 방법이 도 3을 참조하여 하기에서 상세히 설명된다.
- [0086] 단계(S140)에서, 최종 복원 영상이 생성된다.
- [0087] 상기 최종 복원 영상은 배경 영역 복원 단계(S120)에서 복원된 배경 영상 및 금속 영역 복원 단계(S130)에서 복원된 금속 영상이 합해짐으로써 생성된다.
- [0088] 도 2는 본 발명의 일 예에 따른 배경 영상 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0089] 단계(S210)에서, 초기 영상 복원 단계(S110)에 의해 획득된 초기 복원 영상에서 금속 부분으로 간주되는 부분이 추출된다.
- [0090] 초기 복원 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분은 일반적으로 높은 값을 가진다. 따라서, 금속 부분을 추출하기 위한 특정 임계치를 설정할 수 있다. 초기 복원 영상 내에서 상기 임계치 이상의 값을 갖는 영역이 금속 부분으로 간주되며, 분리 및 추출된다.
- [0091] 단계(S220)에서, 금속 부분으로 간주되어 추출된 영역이 재 투영 된다. 상기의 재 투영에 의해 추출된 영역은 마스크가 된다.
- [0092] 재 투영으로 인해, 단계(S100)에서 환자로부터 획득된 투영 영상 내에서의 금속 부분이 식별될 수 있다.
- [0093] 식별된 금속 부분은 별도로 저장되어, 금속 영상 복원 단계(S330)에서 사용될 수 있다.
- [0094] 단계(S230)에서, 금속 영역이 제외된다.
- [0095] 금속 영역의 제외는, 식별된 금속 부분을 재투영된 투영 영상에서 잘라내고, 잘라내어진 금속 부분을 그 주위의 배경 값으로 채워 넣는 것이다.
- [0096] 상기의 제외 처리에 의해 환자의 투영 영상에서 금속 부분이 사라진다.
- [0097] 단계(S240)에서, 배경 영상이 복원된다.
- [0098] 배경 영상의 복원을 위해서는 FDK 알고리즘 또는 기대치 최대화 방법이 사용될 수 있다. 재투영된 투영 영상에는 금속을 나타내는 부분이 이미 제거되었기 때문에 FDK 알고리즘이 사용된 경우에도 좋은 결과가 생성된다.
- [0099] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 영상 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.
- [0100] 단계(S310)에서, 단계(S100)에서 환자로부터 획득된 투영 영상 내에서 금속 부분을 잘라냄으로써 금속 부분 투영 영상이 생성된다.
- [0101] 단계(S320)에서, 획득된 금속 부분 투영 영상은 부분 집합들로 분류된다. 분류된 각각의 부분 집합은 정렬된 것이다.
- [0102] 즉, 단계(S310)에서 환자로부터 획득된 투영 영상 전체에 대해서 각각 금속 부분 투영 영상이 획득되고, 획득된 금속 부분 투영 영상 전체 집합은 정렬된 부분 집합(ordered subset) $\{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ 들로 분류된다.
- [0103] 상기 부분 집합은, 하나의 부분 집합에 포함될 금속 부분 투영 영상의 개수(예컨대 10장 내지 15장)를 먼저 정하고, 상기 개수만큼 다양한 각도에서의 금속 부분 투영 영상을 상기 부분 집합에 포함시킴으로써 정렬될 수 있다.
- [0104] 예컨대, 환자로부터 360장의 투영 영상이 획득되었고, 360장이 360도를 의미하는 경우, 한 부분 집합의 원소의 개수는 10장으로 정해질 수 있다.
- [0105] 첫 번째 부분 집합 S_1 에 대해, $S_1 = \{1, 37, 73, \dots, 289, 325\}$ (숫자 n 은 n 번째 각도에서의 투영 영상을 나타낸다.)과 같이 정의될 경우, 이와 같이 정의된 부분 집합 만으로도 여러 각도가 커버(cover)될 수 있다.
- [0106] 예컨대, 기존의 CS-MAR 알고리즘이 사용되는 경우에서와 같이, 부분 집합을 어떻게 선택하느냐에 따라 획득되는

최종 복원 영상의 결과가 달라지는 것을 방지하기 위해, 여러 부분 집합이 후술될 기대치 최대화 확률 모델에서 사용된다.

[0107] 생성된 부분 집합들은 기대치 최대화 확률 모델 연산에 차례로 이용된다.

[0108] 단계(S330)에서, 금속 영역을 복원하기 위한, 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 연산이 수행된다.

[0109] 단계(S330)에서는, 전 단계(S320)에서 생성된 정렬된 부분 집합들 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산이 수행된다.

[0110] 기대치 최대화 확률 모델 연산은 전술된 수학적 식 4에 따른 것일 수 있다.

[0111] 하기의 수학적 식 7은 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 모델의 알고리즘을 나타낸다.

수학적 식 7

$$\Delta \mathbf{x}_j^{(i+1)} = \frac{\Delta \mathbf{x}_j^{(i)}}{\sum_{t \in S_i} l_{tj} + \beta \frac{\partial}{\partial \Delta \mathbf{x}_j} U(\Delta \mathbf{x}^{(i)})} \sum_{t \in S_i} \frac{l_{tj} \mathbf{y}_i}{\sum_{m=1}^N l_{tm} \Delta \mathbf{x}_m^{(i)}}$$

[0112]

[0113] 여기서, i 는 1씩 증가하는 정수이다.

[0114] S_i 는 기대치 최대화 확률 모델 연산에 사용되는 i 번째 부분 집합이다.

[0115] $\Delta \mathbf{x}^{(i)}$ 는 이전 단계에서 생성된 금속 영역 복원 영상을, $\Delta \mathbf{x}_j^{(i)}$ 은 상기 금속 영역 복원 영상의 j 번째 포인트를 나타낸다.

[0116] $\Delta \mathbf{x}^{(i+1)}$ 는 업데이트된 금속 영역 복원 영상을, $\Delta \mathbf{x}_j^{(i+1)}$ 은 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 j 번째 포인트를 나타낸다.

[0117] $U(\Delta \mathbf{x}^{(i)})$ 는 희소성 제약을 나타내며, 하기의 수학적 식 8과 같이 정의된다.

수학적 식 8

$$U(\Delta \mathbf{x}^{(i)}) = \|\Delta \mathbf{x}^{(i)}\|_p^p$$

[0118]

[0119] $\Delta \mathbf{x}$ 의 희소성으로 인해, $0 \leq p \leq 1$ 이다.

[0120] 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 연산 방법이 도 4를 참조하여 하기에 상세히 설명된다.

[0121] 금속 영역의 영상 $\Delta \mathbf{x}$ 의 희소성으로 인하여, 부분 집합 중 일부만이 기대치 최대화 확률 모델 연산에 사용되어도, 상기 연산의 결과인 금속 영역 복원 영상이 수렴한다.

[0122] 따라서, 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 모델 알고리즘은, 금속 영역 복원 영상을 빠른 계산 속도로 생성할 수 있다. 또한 상기 기대치 최대화 확률 모델 알고리즘은 병렬 처리 알

고리증으로서 구현되기에 적합하다.

- [0123] 또한, 상기 기대치 최대화 확률 모델 알고리즘은, 예컨대 CS-MAR과 같은 병렬 처리에 적합하지 않은 방법에 비해, 병렬 처리됨으로써 더 큰 계산 속도 상의 이득을 얻을 수 있다.
- [0124] 단계(S340)에서, 하나의 부분 집합을 사용한 기대치 최대화 확률 모델 연산의 결과에 의해 업데이트된 금속 영역 복원 영상이 생성된다.
- [0125] 업데이트된 금속 영역 복원 영상은 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상에 상기 연산의 결과를 반영하는 것이다.
- [0126] 전체 집합을 사용하여 한 번의 업데이트를 하는 대신, 정렬된 부분 집합을 사용한 연산의 결과를 사용하여 수회의 업데이트를 함으로써, 수렴 속도가 빠르게 된다.
- [0127] 금속 영역 복원 영상의 업데이트 방법이 도 4를 참조하여 하기에서 상세히 설명된다.
- [0128] 단계(S350)에서, 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부가 판단된다. 업데이트된 영상이 수렴하는 경우 절차가 종료된다.
- [0129] 즉, 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상이 생성되고, 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상들 중 제일 처음으로 수렴하는 것이 최종적인 금속 영상이 된다.
- [0130] 업데이트된 영상이 수렴하지 않을 경우, 다른 부분 집합에 대해 부분 통과 기대치 최대화 확률 연산을 수행하기 위해 단계(S330)가 반복된다.
- [0131] 도 4는 본 발명의 일 예에 따른 희소성 제약을 이용한 정렬된 부분 집합의 부분 통과 기대치 최대화 확률 연산 방법을 나타내는 흐름도이다..
- [0132] 단계(S410)에서, 이전 단계에서 생성된 금속 영역 복원 영상이 가상 투영된다.
- [0133] 상기 가상 투영을 위해 선택된 부분 집합과 동일한 조건이 가상으로 만들어 진다. 상기 조건은 각도, 복원 영상의 위치 및 크기 등을 포함할 수 있다.
- [0134] 상기 가상 투영 영상은 하기의 수학적 식 9로 나타내어질 수 있다.

수학적 식 9

[0135]
$$\sum_{m=1}^N l_{tm} \Delta \mathbf{x}_m^{(i)}$$

- [0136] 단계(S420)에서, 환자로부터 획득한 투영 영상을 상기 사상 투영 영상으로 나눔으로써 비율 형태의 투영 영상, 즉 비율 영상을 생성한다.
- [0137] 상기 비율 영상은 하기의 수학적 식 10로 나타내어질 수 있다.

수학적 식 10

[0138]
$$\frac{\mathbf{y}_i}{\sum_{m=1}^N l_{tm} \Delta \mathbf{x}_m^{(i)}}$$

- [0139] 단계(S430)에서, 선택된 부분 집합을 사용하여 상기 비율 영상에 대한 역 투영이 수행된다.
- [0140] 상기 역 투영은 하기의 수학적 식 11으로 나타내어질 수 있다.

수학식 11

$$\sum_{t \in \mathcal{S}_i} \frac{l_{tj} \mathbf{y}_i}{\sum_{m=1}^N l_{tm} \Delta \mathbf{x}_m^{(i)}}$$

[0141]

[0142] 단계(S440)에서, 밀도 표준화 함수 및 희소성 제약 함수를 합한 함수가 생성된다.

[0143] 상기 밀도 표준화 함수, 희소성 제약 함수 및 양자를 합한 함수는 각각 하기의 수학식 12 내지 수학식 14로 나타내어질 수 있다.

수학식 12

$$\sum_{t \in \mathcal{S}_i} l_{tj}$$

[0144]

수학식 13

$$\beta \frac{\partial}{\partial \Delta \mathbf{x}_j} U(\Delta \mathbf{x}^{(i)})$$

[0145]

수학식 14

$$\sum_{t \in \mathcal{S}_i} l_{tj} + \beta \frac{\partial}{\partial \Delta \mathbf{x}_j} U(\Delta \mathbf{x}^{(i)})$$

[0146]

[0147] 희소성 제약이란, 금속 영역의 희소성을 가정하고, 그에 따른 금속 영역의 분포를 고려하여 상기의 수학식 13의 함수가 생성된 것을 의미한다.

[0148] 단계(S450)에서, 단계(S430)에서 생성된 역 투영된 영상을 단계(S440)에서 생성된 함수로 나누어 업데이트 영상을 생성한다.

[0149] 상기 업데이트 영상은 하기의 수학식 15로 나타내어질 수 있다.

수학식 15

$$\frac{\sum_{t \in S_i} \frac{l_{tj} \mathbf{y}_i}{\sum_{m=1}^N l_{tm} \Delta \mathbf{x}_m^{(i)}}}{\sum_{t \in S_i} l_{tj} + \beta \frac{\partial}{\partial \Delta \mathbf{x}_j} U(\Delta \mathbf{x}^{(i)})}$$

[0150]

[0151] 단계(S460)에서, 업데이트된 금속 영역 복원 영상이 생성된다.

[0152] 상기 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전의 금속 영역 복원 영상의 각각의 포인트에 단계(S450)에서 생성된 영상을 곱한 것이다. 이러한 방법으로 각각의 포인트 값이 계산됨으로써 업데이트된 금속 영역 복원 영상이 생성된다.

[0153] 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 각각의 포인트는 상기의 수학식 7에 의해 계산될 수 있다.

[0154] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 X-선 전산 단층 촬영 영상 장치의 구조도이다.

[0155] X-선 전산 단층 촬영 영상 장치(500)는 초기 복원 영상 생성부(510), 배경 영상 생성부(520), 금속 영상 생성부(530) 및 최종 복원 영상 생성부(540)를 포함한다.

[0156] 초기 복원 영상 생성부(510)는 복수 개의 투영 영상에 필터를 사용한 역 투영을 적용하여 초기 복원 영상을 생성한다.

[0157] 배경 영상 생성부(520)는 초기 복원 영상에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 제외한 배경 영상을 생성한다.

[0158] 배경 영상 생성부(520)는 초기 복원 영상에서 금속 부분을 분리하고, 분리된 금속 부분을 재 투영할 수 있다.

[0159] 금속 영상 생성부(530)는 복수 개의 투영 영상에서 금속 부분을 추출하여, 추출된 금속 부분에 대한 금속 영상을 생성한다.

[0160] 금속 영상 생성부(530)는, 복수 개의 투영 영상을 정렬된 부분 집합들로 분류하고, 정렬된 부분 집합 중 일부의 투영 영상에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 적용함으로써 금속 영상을 생성한다.

[0161] 금속 영상 생성부(530)는 배경 영상 생성부(520)에 의해 재 투영된 분리된 금속 부분을 사용하여 상기 금속 부분을 식별할 수 있다.

[0162] 기대치 최대화 확률 모델 연산은 정렬된 부분 집합들 각각에 대해 반복적으로 금속 영역 복원 영상을 생성하는 것일 수 있으며,

[0163] 금속 영상 생성부(530)는 반복적으로 생성된 금속 영역 복원 영상 중 처음으로 수렴하는 것을 최종적인 금속 영상으로서 생성할 수 있다.

[0164] 최종 복원 영상 생성부(540)는 배경 영상 및 금속 영상을 합함으로써 최종 복원 영상을 생성한다.

[0165] 앞서 도 1 내지 도 3을 참조하여 설명된 본 발명의 일 실시예에 따른 기술 적 내용들이 본 실시예에도 그대로 적용될 수 있다. 따라서 보다 상세한 설명은 이하 생략하기로 한다.

[0166] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 영상 내 금속 부분 복원 장치의 구조도이다.

[0167] 금속 부분 복원 장치(600)는 투영 영상 내에서 금속성 삽입물을 나타내는 금속 부분을 복원하는 장치이며, 금속 부분 투영 영상 생성부(610), 분류부(620), 금속 영역 복원 영상 생성부(630) 및 수렴 판단부(640)를 포함한다.

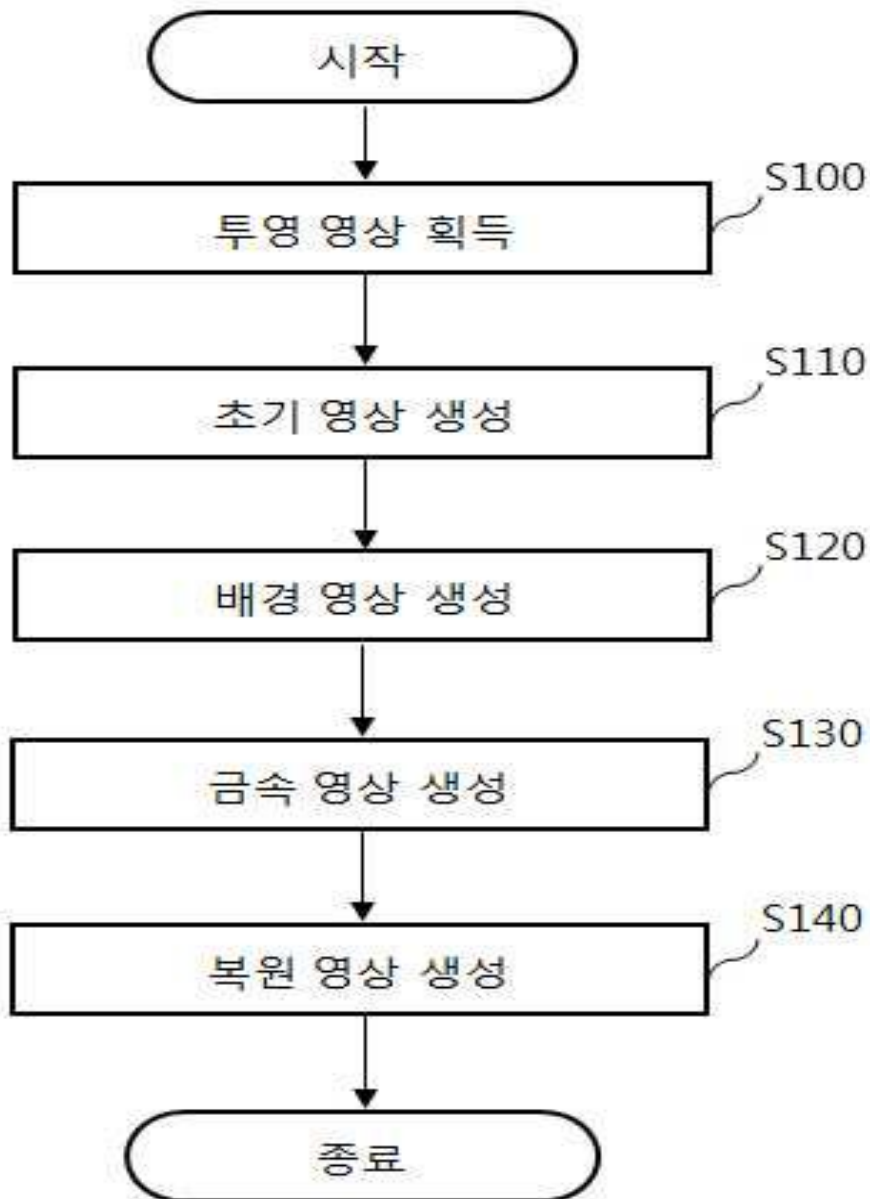
- [0168] 금속 부분 투영 영상 생성부(610)는 복수 개의 투영 영상들 각각으로부터 금속 부분을 추출하여 복수 개의 금속 부분 투영 영상을 생성한다.
- [0169] 분류부(620)는 생성된 복수 개의 금속 부분 투영 영상들을 정렬된 부분 집합으로 분류한다.
- [0170] 금속 영역 복원 영상 생성부(630)는 정렬된 부분 집합 중 하나의 부분 집합에 대해 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행하여 업데이트된 금속 영역 복원 영상을 생성한다.
- [0171] 금속 영역 복원 영상 생성부(630)는 하나의 부분 집합 내의 금속 부분 투영 영상들 중 일부에 대해서만 기대치 최대화 확률 모델 연산을 수행할 수 있다.
- [0172] 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 포인트는 이전에 생성된 금속 영역 복원 영상의 포인트에, 기대치 최대화 확률 모델 연산에서 생성된 영상을 곱한 것일 수 있다.
- [0173] 수렴 판단부(640)는 업데이트된 금속 영역 복원 영상의 수렴 여부를 판단한다.
- [0174] 앞서 도 1 내지 도 4를 참조하여 설명된 본 발명의 일 실시예에 따른 기술 적 내용들이 본 실시예에도 그대로 적용될 수 있다. 따라서 보다 상세한 설명은 이하 생략하기로 한다.
- [0175] 본 발명의 일 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 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.
- [0176] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0177] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

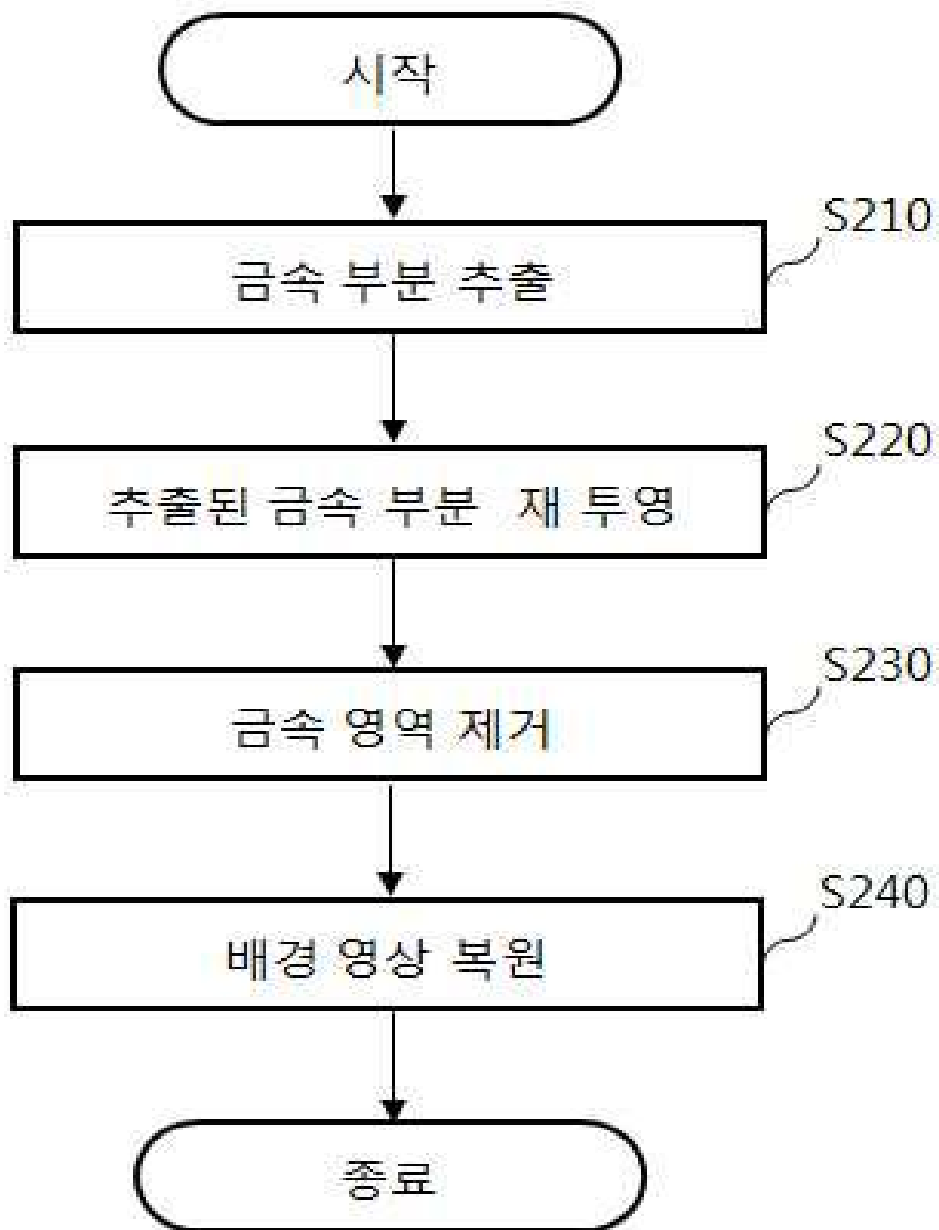
- [0178] 400: X-선 전산 단층 촬영 영상 장치
- 500: 금속 부분 복원 장치

도면

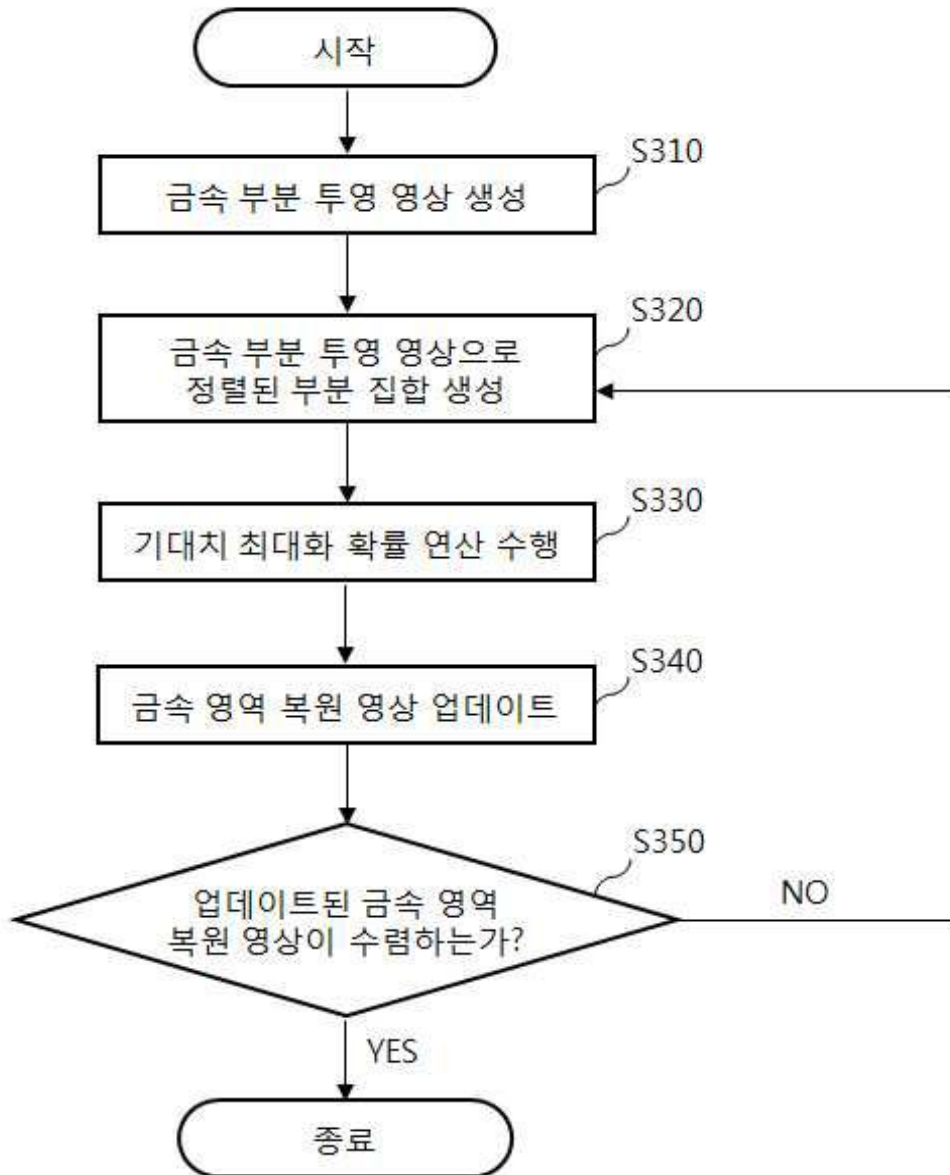
도면1



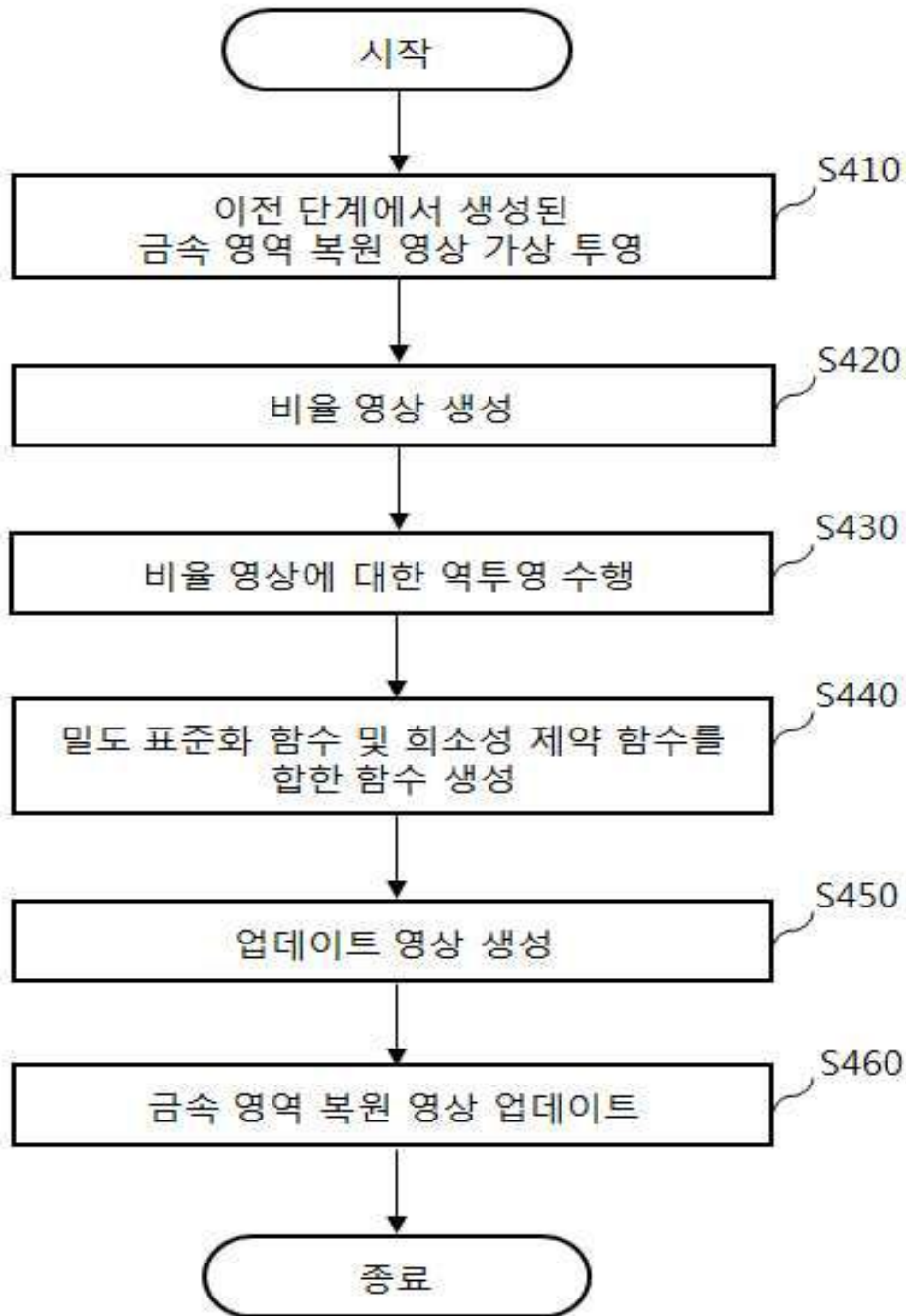
도면2



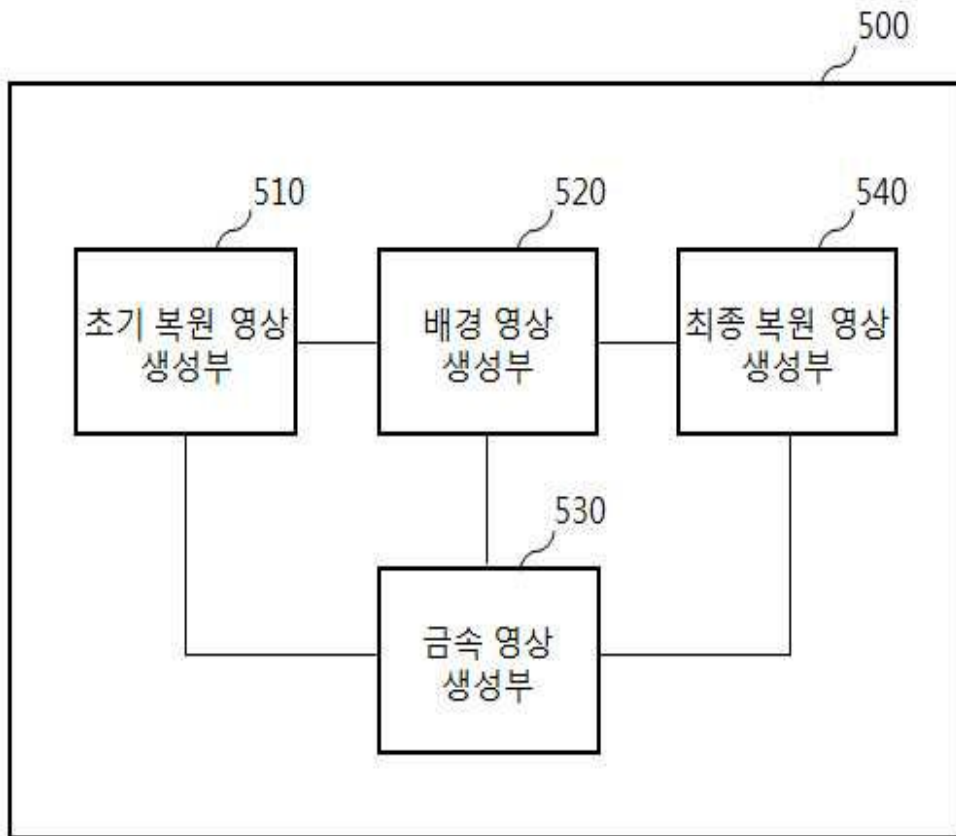
도면3



도면4



도면5



도면6

