



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0124358
(43) 공개일자 2010년11월29일

(51) Int. Cl.

A61B 6/03 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0043311

(22) 출원일자 2009년05월19일

심사청구일자 2009년05월19일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

박성호

서울특별시 송파구 신천동 파크리오아파트 309동 3204호

안승도

서울특별시 서초구 반포본동 주공아파트 114-202

박천주

서울특별시 서초구 방배동 929-32호

(74) 대리인

황주명, 성정현, 위병갑

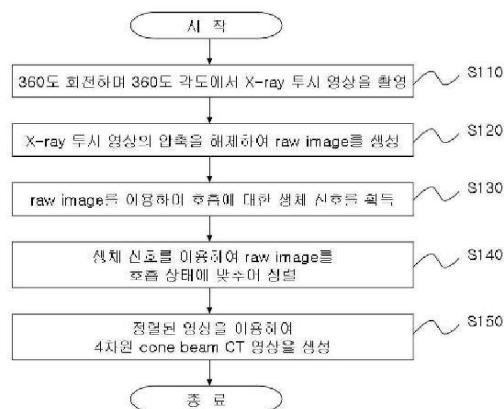
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 재구성 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 360도 회전하며 촬영된 각 방향에서 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 획득하고, 이를 이용하여 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 재구성하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 호흡에 대한 생체 신호를 측정하기 위한 별도의 외부 측정 장치를 이용할 필요 없이 연속적으로 촬영된 투사 영상을 이용하여 폐 조직의 호흡에 의한 움직임을 추출하고 생체 신호를 추출할 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 얻기 위한 콘 빔 투사 영상의 압축을 해제하는 단계;
 상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상으로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계;
 상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계; 및
 상기 정렬된 콘 빔 투사 영상을 재구성하여 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 생성하는 단계를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 콘 빔 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는
 상기 콘 빔 투사 영상의 헤더를 읽어 상기 콘 빔 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 단계;
 상기 콘 빔 투사 영상의 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 콘 빔 투사 영상의 압축 데이터를 순차적으로 읽어 들이는 단계; 및
 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 단계를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 콘 빔 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는
 상기 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터의 각 픽셀에 대한 데이터 타입을 식별하는 단계를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터의 각 픽셀에 대한 데이터 타입을 식별하는 단계는
 상기 데이터 타입을 캐릭터 타입, 룡 타입, 쇼트 타입 중 하나 이상을 이용하여 식별하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 단계는
 상기 콘 빔 투사 영상의 데이터 어레이의 첫 번째 열 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀의 데이터 - 상기 첫 번째 열 및 상기 두 번째 열의 상기 첫 번째 픽셀의 데이터는 압축되지 않은 채로 저장됨 - 및 상기 압축 방정식을 이용하여 상기 압축 데이터의 각 픽셀의 데이터를 순차적으로 해석하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계;

상기 압축 배열된 콘 빔 투사 영상의 부분들을 각도에 대한 축을 기준으로 정합하는 단계;

상기 정합된 콘 빔 투사 영상의 부분들로부터 폐와 여타 장기들의 감쇄 계수의 차이에 기초하여 투사 각도에 대한 폐의 움직임 추출하는 단계; 및

상기 추출된 움직임에 대하여 상한 및 하한의 임계값을 이용하여 상기 폐의 경계면의 움직임에 대한 그 래프를 추출하는 단계

를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 로그 스케일로 변환하는 단계;

상기 로그 스케일로 변환된 콘 빔 투사 영상의 각 각도에 대한 픽셀의 데이터 값을 정규화하는 단계

를 더 포함하고,

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계는

상기 정규화된 픽셀 데이터 값을 이용하여 상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계는

상기 추출된 생체 신호의 주기 별 최대값과 최소값을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 생체 신호의 진폭 또는 위상 중 하나 이상을 기준으로 하여 상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 정렬하는 단계

를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 방법.

청구항 9

4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 얻기 위한 콘 빔 투사 영상의 압축을 해제하는 압축 해제부;

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 이용하여 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출부;

상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 영상 정렬부; 및

상기 정렬된 콘 빔 투사 영상을 재구성하여 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 생성하는 영상 재구성부

를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 압축 해제부는

상기 콘 빔 투사 영상의 데이터의 헤더를 읽어 상기 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 헤더

판독부;

상기 콘 빔 투사 영상의 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 콘 빔 투사 영상의 압축 데이터를 순차적으로 읽어 들이고 상기 압축 데이터의 각 픽셀의 데이터 타입을 식별하는 플레그 판독부; 및

상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 픽셀 해석부

를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 생체 신호 추출부는

상기 압축 해제된 콘 빔 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 압축 배열부;

상기 압축 배열된 콘 빔 투사 영상의 부분들을 각도에 대한 축을 기준으로 정합하는 압축 정합부;

상기 정합된 콘 빔 투사 영상의 부분들로부터 폐와 여타 장기들의 감쇄 계수의 차이에 기초하여 투사 각도에 대한 폐의 움직임을 추출하는 제1 추출부; 및

상기 추출된 상기 폐의 움직임에 대하여 상한 및 하한의 임계값을 이용하여 상기 폐의 경계면의 움직임에 대한 그래프를 그리는 제2 추출부

를 포함하는 4차원 콘 빔 컴퓨터 단층촬영 영상의 생성 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 콘 빔(cone beam) 투사 영상으로부터 4D 콘 빔(cone beam) 영상을 생성하는 방법 및 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 방사선 치료 방법이, 컴퓨터와 네트워킹, 방사선 요법 치료 계획 소프트웨어(radiation therapy treatment planning software), 및 의료 영상(medical imaging) 기술과 결합되어 개선되고 있다. 이러한 의료 영상화 기술에는, 예컨대, 컴퓨터 단층 촬영(computed tomography, CT), 자기 공명 영상(magnetic resonance imaging, MRI), 초음파(ultrasound, US), 양전자 방출 단층 촬영(positron emission tomography, PET)이 있다.

[0003] 이에서 더 나아가 방사선 치료 요법을 계획하고 시행하기 위해서도 의료 영상 기술이 결합되어 사용되고 있다. 예를 들어, 폐에 있는 종양처럼 움직이는 표적을 치료하는 방법에는, 그 움직이는 표적이 궤적(trajecory) 중의 특정의 윈도우(specified window)에 들어올 때에만, 방사선을 통과시키는(gating), 즉 방사선을 부여(deliver)하는 과정이 포함될 수 있다. 그러나, 이 방법은 표적에 대한 방사선의 조사(irradiation)가 주기적인 시간 간격으로만 행해지기 때문에, 효율적이지 않다.

[0004] 움직이는 표적을 치료하는 다른 방법으로는, 호흡 동기화 치료(breathing synchronized delivery, BSD) 방법이 있다. 이 기술은, 치료가 이루어지는 동안 표적이 따르게 될 움직임의 예상 트랙 또는 경로를 이용한다.

[0005] 이를 위하여, 표적이 예상 경로(anticipated track)에 머무르고 있다고 가정하는 계획을 세우고, 예상 경로에, 치료 계획의 전체 과정을 통해 예상한 단계 및 상태(anticipated period and phase)가 포함되도록 한다. 음성 및 영상 안내를 사용해서, 환자로 하여금 엄격하고 제한된 경로를 따르도록 할 수 있다. 그러나, 방사선 치료를 받는 대부분의 환자로 하여금 엄격하고 제한된 패턴을 따르도록 하는 것은 어려운 것이다.

[0006] CT 영상을 얻는 방법은 슬라이스 단위의 스캐닝 (scanning in a slice-by-slice) 프로세스에 기초한 이미지 재구성으로부터 나선형(helical) 스캐닝까지 발전하였다. 슬라이스 단위의 스캐닝(slice-by-slice scanning)은 나선형 스캐닝에 앞서 이용되었으며, 갠트리(gantry)를 통해 테이블 상에서의 환자의 많은 이동 및 갠트리의 회전이 차례로 수행되었다. 환자는 갠트리의 회전 동안에 움직이지 않기 때문에, 환자 주위의 X-선 소스의 궤도가 원형이었다. 미리 선택된 환자의 조직의 슬라이스(slice)는 그러한 원형 스캔에 의해 획득된 데이터를 이용하여 재구성되었다.

[0007] 나선형 스캐닝은 슬라이스 단위의 스캐닝 이후에 발전한 기술로서 현재는 CT 영상을 얻는 주된 방법이 되었다. 나선형 스캐닝 하에서, 환자가 누워있는 테이블은 테이블에 대해 계속적으로 회전하는 갠트리를 통해 계속해서 이동한다. 처음에는, 나선형 스캐닝은 1차원으로 데이터를 수신하는 1차원 검출기를 사용하였다(검출기의 단일 행). 나중에는, 검출기의 복수의 행(2 이상의 행)이 서로에 대해 인접하게 위치한 2차원 검출기가 도입되었다.

[0008] 이처럼 2차원 검출기에 의해 얻어지는 투사 영상 데이터를 콘 빔(cone beam) 데이터 (CB 데이터) 또는 콘 빔 프로젝션(cone beam projection, CB 투사)이라 부르기도 한다.

[0009] 이러한 CB 투사 영상 데이터로부터 3차원의 영상을 재구성하는 것은 의료 영상 기술의 주된 과제가 되고 있으며 3차원의 공간에 1차원의 시간 배열을 더하여 4차원의 영상을 재구성한 것을 4차원 콘 빔 CT 영상이라 부르기도 한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 본 발명의 목적은 4D 콘 빔(cone beam) 컴퓨터 단층촬영 (computed tomography, CT) 영상을 재구성하는 방법 및 장치를 제공하기 위한 것으로서, 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 다른 목적은 추출된 호흡에 대한 생체 신호를 이용하여 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 정렬하고 이로부터 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상을 최종 생성하는 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 종래의 의료 영상 기술이 호흡에 대한 생체 신호를 얻기 위하여 별도로 외부 측정 장치를 이용하여 호흡에 대한 생체 신호를 측정하던 것과는 달리, 외부 측정 장치 없이도 촬영된 콘 빔(cone beam) 투사 영상으로부터 생체 신호 추출 및 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상의 재구성 과정을 통합하여 처리할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상의 생성 방법은 콘 빔 투사 영상 (cone beam projection)의 압축을 해제하는 단계, 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상으로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계, 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계, 및 정렬된 cone beam 투사 영상을 재구성하여 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 이 때 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 데이터 파일의 헤더 (header)를 읽어 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 단계, 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 데이터 파일의 플래그 비트 맵 (flag bit map)을 참조하여 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 압축 데이터를 순차적으로 읽어 들이는 단계, 및 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 단계를 포함하여 수행될 수 있다.

[0015] 이 때 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는 상기 플래그 비트 맵을 참조하여 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터의 각 픽셀에 대한 데이터 타입을 식별하는 단계를 더 포함할 수 있고, 이 때 식별되는 데이터 타입은 캐릭터(character) 타입, 롱(long) 타입, 쇼트(short) 타입 중 하나 이상을 포함할

수 있다.

[0016] 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 데이터 어레이의 첫 번째 열 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀의 데이터는 압축되지 않은 채로 저장되고, 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 단계는 상기 압축되지 않은 기초 데이터 및 상기 압축 방정식을 이용하여 상기 압축 데이터의 데이터 어레이의 각 픽셀의 데이터를 순차적으로 해석할 수 있다.

[0017] 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상은 360도를 회전하며 얻어진 것이고, 상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 각 촬영 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계, 상기 압축 배열된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 부분들을 각도에 대한 축을 기준으로 정합하는 단계, 상기 정합된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 부분들로부터 폐와 여타 장기들의 감쇄 계수(attenuation coefficient)의 차이에 기초하여 투사 각도에 대한 폐의 움직임을 추출하는 단계, 및 상기 추출된 움직임에 대하여 상한 및 하한의 임계값을 이용하여 상기 폐의 경계면의 움직임에 대한 그래프를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 로그 스케일로 변환하는 단계, 상기 로그 스케일로 변환된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 각 각도에 대한 픽셀의 데이터 값을 정규화하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 때 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계는 상기 정규화된 픽셀 데이터 값을 이용하여 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열할 수 있다.

[0019] 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계는 상기 추출된 생체 신호의 주기 별 최대 값과 최소 값을 추출하는 단계, 및 상기 추출된 생체 신호의 진폭 또는 위상 중 하나 이상을 기준으로 하여 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 정렬하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 본 발명의 다른 실시예에 따른 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상의 생성 장치는 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 압축을 해제하는 압축 해제부, 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 이용하여 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출부, 상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 영상 정렬부, 상기 정렬된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 재구성하여 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상을 생성하는 영상 재구성부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 압축 해제부는 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 데이터의 헤더를 읽어 상기 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 헤더 판독부, 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 압축 데이터를 순차적으로 읽어 들이고 상기 압축 데이터의 각 픽셀의 데이터 타입을 식별하는 플레그 판독부, 및 상기 순차적으로 읽어 들인 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 픽셀 해석부를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 생체 신호 추출부는 상기 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 압축 배열부, 상기 압축 배열된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 부분들을 각도에 대한 축을 기준으로 정합하는 압축 정합부, 상기 정합된 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 부분들로부터 폐와 여타 장기들의 감쇄 계수의 차이에 기초하여 투사 각도에 대한 폐의 움직임을 추출하는 제1 추출부, 및 상기 추출된 상기 폐의 움직임에 대하여 상한 및 하한의 임계값을 이용하여 상기 폐의 경계면의 움직임에 대한 그래프를 그리는 제2 추출부를 포함할 수 있다.

효 과

[0023] 본 발명에 따르면 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상을 재구성하는 방법 및 장치의 구현이 가능하며, 특히 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 방법이 제공된다.

[0024] 본 발명에 따르면 압축된 채로 제공되는 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 데이터 파일의 압축을 해제하는 방법이 제공되고, 이를 통해 본 발명에 따르면 압축 해제된 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 배열하여 호흡에 대한 생체 신호를 추출할 수 있다.

[0025] 본 발명에 따르면 추출된 호흡에 대한 생체 신호를 기준으로 하여 콘 빔(cone beam) 투사 영상을 정렬하고 이로부터 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상을 최종 생성하는 방법이 제공된다.

[0026] 본 발명에 따르면 호흡에 대한 생체 신호를 얻기 위하여 별도로 외부 측정 장치를 이용하여 호흡에 대한 생체 신호를 측정하던 종래의 의료 영상 기술과는 달리, 외부 측정 장치 없이도 촬영된 콘 빔(cone beam) 투사 영상으로부터 생체 신호 추출 및 4D 콘 빔(cone beam) CT 영상의 재구성 과정을 통합하여 처리할 수 있는 방법 및 장치의 구현이 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 콘 빔 CT 영상의 생성 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.

[0029] 도 1을 참조하면 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상 생성 방법은 360도를 회전하며 각 각도에 서 X-ray 투시 영상을 생성한다 (S110). 이 때 X-ray 투시 영상은 소정의 압축 방정식에 따라 압축된 형식의 데이터 파일로 나타내어질 수 있다.

[0030] CT 영상 생성 방법은 X-ray 투시 영상의 압축을 해제하여 raw image를 생성한다 (S120). 단계 (S120)에서는 압축 데이터 파일의 각 픽셀 정보가 해독되어 raw image에 대응하는 데이터 파일이 생성될 수 있다.

[0031] CT 영상 생성 방법은 raw image를 이용하여 호흡에 대한 생체 신호를 획득한다 (S130). 단계 (S130)에서는 raw image 에 대응하는 데이터 파일을 배열하고 이로부터 환자의 주요 장기 (예를 들어, 폐를 이용할 수 있다)의 움직임을 추출하고 상기 추출된 움직임을 이용하여 호흡에 대한 생체 신호가 얻어질 수 있다.

[0032] CT 영상 생성 방법은 생체 신호를 이용하여 raw image를 호흡 상태에 맞추어 정렬한다 (S140).

[0033] CT 영상 생성 방법은 정렬된 영상을 이용하여 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 생성한다 (S150).

[0034] 도 2는 콘 빔 투사 영상의 압축 데이터의 구조의 일 예를 도시하는 도면이다. 도 2의 예에서는 압축 데이터가 32bit 타입의 데이터 구조를 취하는 경우가 도시된다. 투사 영상의 데이터 파일은 32bit 뿐만 아니라 16bit 타입의 데이터 구조를 취할 수도 있다.

[0035] 단계 (S110)에서 생성된 투사 영상은 압축된 데이터 파일로 나타내어질 수 있다. 이 때 Image Header (210)는 1024 byte로 구성될 수 있다.

[0036] 영상 압축에 대한 플레그 형 Bit Map (220)은 영상 압축 어레이 (230)의 각 픽셀에 대한 지침을 저장할 수 있다. 플레그 형 비트 맵 (220)은 $(M \times (N-1) / 4 + 0.5 \text{ Byte})$ 의 크기를 가질 수 있는데, 이 때 M은 영상 압축 어레이 (230)의 가로 크기, N은 영상 압축 어레이 (230)의 세로 크기이다.

[0037] 영상 압축 어레이 (230)에는 영상에 대한 정보가 저장된다. 영상 압축 어레이 (230)에는 영상에 대한 정보가 그대로 저장되어 기존의 Dicom 영상을 여는 방식과 동일하게 기술될 수도 있으나, 영상에 대한 정보가 압축되어 저장될 수도 있다.

[0038] 도 3은 도 1의 단계 (S120)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.

[0039] 압축 파일을 raw image에 대응하는 raw data 파일로 변환하기 위해서는 먼저 Image Header (210)를 읽어 들인 후 Image Header (210)에 포함된 영상의 크기 정보를 체크할 수 있다 (S310). 이 때 raw data 파일을 생성하기 위해서 Image Header (210)에 저장된 정보 중 영상의 크기 정보 이외의 것들은 반드시 참조할 필요는 없다. 오히려 raw data 파일을 생성하는 데에는 Image Header (210)에 저장된 정보 중 영상의 크기 정보 이외의 것들은 참조되지 않을 수도 있다.

[0040] CT 영상 생성 방법은 Image Header (210)가 읽힌 후에는 플레그 형 비트 맵 (220)을 읽는다 (S320). 단계 (S320)에서는 영상 압축 어레이 (230)의 각 픽셀의 압축 정보를 얻을 수 있다.

[0041] 여기서 영상 압축 어레이 (230)의 각 픽셀에 대한 영상 압축을 나타내는 압축 방정식의 일 예로 하기 수학적 식 1과 같은 방정식을 이용할 수 있다.

[0042] [수학적 식 1]

- [0043]
$$F(x,y) = \text{Image}(x-1, y-1) * \text{Image}(x,y) - \text{Image}(x-1,y) * \text{Image}(x,y-1)$$
- [0044] 여기서 $\text{Image}(x,y)$ 는 raw image에 대응하는 (x,y) 픽셀의 영상 정보이다. $F(x,y)$ 는 영상 압축 데이터 파일의 (x,y) 원소를 나타낸다.
- [0045] CT 영상 생성 방법은 플레그 형 비트 맵 (220)의 플레그 정보를 참조하여 압축 어레이 (230)의 영상 압축 데이터를 순차적으로 호출 (S330)하고, 순차적으로 호출된 영상 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 압축을 해제한다 (S340).
- [0046] 단계 (S340)에서는 순차적으로 영상 압축 데이터 $F(x,y)$ 로부터 $\text{Image}(x,y)$ 를 유도해 나간다. 이를 위해서는 영상 압축 데이터 중 일부의 값이 미리 약속된 타입으로 저장되어 있어야 하는데, 본 발명의 실시예에서는 영상 압축 어레이 (230)의 첫 번째 열(column) 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀에 대한 정보는 unsigned long 타입으로 저장될 수 있다.
- [0047] 상기 픽셀들 이후로는 $F(x,y)$ 값으로 저장되며, 만일 $F(x,y)$ 가 -125 이상 124 이하의 값을 가진다면 $F(x,y)$ 는 8bit character 타입으로 저장될 수 있다. 또한 $F(x,y)$ 가 124보다 크고 32765보다 작은 값을 가지면 $F(x,y)$ 는 16bit short 타입으로 저장될 수 있고, -125보다 작고 -32786 이상의 값을 가지는 경우에도 16bit short 타입으로 저장될 수 있다.
- [0048] $F(x,y)$ 가 -32786보다 작거나 32765보다 큰 값을 가지는 경우에는 $F(x,y)$ 는 32bit long 타입으로 저장될 수 있다.
- [0049] 이처럼 $F(x,y)$ 의 각 픽셀이 어느 데이터 타입으로 저장되어 있지 알지 못하므로, 이를 알려주는 정보는 플레그 형 비트 맵 (220)으로부터 얻어진다. $F(x,y)$ 의 각 픽셀에 대한 데이터 타입 정보는 플레그 형 비트 맵 (220)에 의하여 얻어지지만, 상술한 바와 같이 첫 번째 열 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀은 플레그 형 비트 맵 (220)에 의하지 않고 unsigned long 타입으로 저장된다.
- [0050] 도 4는 도 2의 플레그 비트 맵 (220)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 도면이다.
- [0051] 가장 오른쪽의 2개의 bit는 첫 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를, 오른쪽에서 3번째, 4번째의 bit는 두 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타내며, 오른쪽에서 5번째, 6번째의 bit는 세 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타내고 가장 왼쪽의 두개의 bit는 네 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타낸다.
- [0052] 만일 픽셀에 저장된 데이터가 "00" 이면, 대응하는 픽셀의 Image 데이터는 character 형태로 저장되고, "01"이면 short 타입, "10"이면 long 타입으로 저장되어 있을 수 있다.
- [0053] 플레그 비트 맵 (220)을 참조하여 순차적으로 압축 어레이 (230)의 각 픽셀에 대응하는 raw image의 픽셀 데이터를 계산할 수 있다.
- [0054] 이 같은 과정을 거쳐 계산된 raw image의 픽셀 데이터는 하나의 데이터 타입으로 저장되는 것이 편리한데, 예를 들어 unsigned long 타입으로 통일되어 저장될 수 있다.
- [0055] 도 5는 압축 해제된 콘 빔 투사 영상 데이터의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0056] 압축 해제된 데이터는 콘 빔(cone beam) 투사 영상의 raw image를 나타내며, 이는 각 각도에서 촬영된 X-ray 투사 영상을 나타낸다.
- [0057] 도 6은 도 1의 단계 (S130)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다. 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 구현하기 위해서는 4번째 차원 (3차원 공간과 대비되는)의 기준점을 찾아야 한다. 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상의 4번째 차원의 기준점은 환자의 생체 호흡 신호로 정해질 수 있다.
- [0058] 종래의 CT 영상 생성 방법은 호흡 신호를 외부의 측정 장비로부터 얻는다. 이러한 경우에는 환자의 호흡 신호를 CT 영상 촬영 장치와는 별도로 구비된 호흡 신호 측정 장치를 이용하여 환자의 호흡 신호를 측정하고, 이를 기초로 CT 영상을 재배열한다.
- [0059] 그러나 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상 생성 방법은 투사 영상의 raw data로부터 환자의 호흡 신호를 추출할 수 있으므로 별도의 외부 측정 장치를 필요로 하지 않는다. 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 생성하기 위한 X-ray 투사 영상의 raw data는 통상의 CT 영상보다 넓은 면적을 projection할 수 있다. 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상 생성 방법은 넓은 면적을 projection하는 raw data로부터 환자의 호흡에 관한 생체 신호를 추출한다.

- [0060] CT 영상 생성 방법은 각 각도에 대하여 획득한 영상을 가로 방향으로 압축 배열한다 (S610).
- [0061] CT 영상 생성 방법은 압축 배열된 영상을 각도에 대한 축을 기준으로 모든 각도에 대하여 정합한다 (S620).
- [0062] CT 영상 생성 방법은 폐와 다른 장기들의 attenuation coefficient 차이에 기초하여 projection angle에 대한 폐의 움직임을 추출한다 (S630).
- [0063] 단계 (S610) 및 단계 (S620)에 의하여 압축 배열된 raw data에서는 폐와 다른 장기들 간의 밝기 차이가 두드러지게 나타난다. attenuation coefficient는 장기들의 구성 물질에 따라 다르므로 폐와 다른 장기들 간의 attenuation coefficient 차이에 따라 raw data에서 투사되어 나타나는 밝기 값이 다르다.
- [0064] CT 영상의 밝기 값은 Hounsfield Unit (HU) scale로 나타내어지며, 물질에 따라 서로 다른 값을 가진다. 공기는 -1000 HU로 정의되고, 지방(fat)은 -120 HU, 물(water)은 0 HU의 값을 가진다.
- [0065] 일반적으로 근육(muscle)은 약 40 HU, contrast는 약 130 HU, 뼈(bone)는 400 HU 이상의 값을 가진다.
- [0066] raw data에서 나타나는 밝기 값의 차이에 기초하여 CT 영상을 획득할 당시 projection angle에 대한 폐의 경계면의 움직임을 추출할 수 있다.
- [0067] 도 7은 압축 해제된 콘 빔 투사 영상 데이터로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 과정의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0068] 도 7에서는 투사 영상의 raw data를 기초로 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 과정이 도시된다. 각 각도에서 촬영된 투사 영상의 raw image가 가로로 압축 배열되면, 각 장기별로 밝기 차이를 명확하게 알 수 있다. 도 7에서는 이러한 raw image가 log scale로 변환된 채로 연산이 수행되어 밝기 값의 차이를 더욱 명확히 알 수 있도록 한다. log scale로 변환된 영상의 데이터에 각 각도에 대한 픽셀의 정규화 팩터 (normalization factor)를 적용하여 폐의 경계면의 움직임을 더욱 쉽게 찾을 수 있도록 한다.
- [0069] 도 8은 정량화된 환자의 호흡 신호의 그래프의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0070] 도 7의 영상에서 밝기 값이 주변과 현저하게 다른 (여기서는 어두운) 경계면 부위가 감지될 수 있다. 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상 생성 방법은 보다 정량적인 신호의 획득을 위해 상기 감지된 폐의 경계면을 포함하는 소정의 영역을 분리해 낼 수 있다.
- [0071] 이처럼 분리된 소정의 영역에서, 밝기 값의 상한 및 하한을 설정하고, 경계면 부위를 필터링하여 걸러 낼 수 있다.
- [0072] 이와 같은 필터링 과정에서 얻어진 생체 신호 그래프의 일 예가 도 8에 도시된다.
- [0073] 한편, 일반적인 사람의 심박수는 1분에 60회 내지 90회로 설정될 수 있고, 호흡수는 1분에 12회 내지 21회로 설정될 수 있다. 이에, 일반적인 심박 신호의 주파수는 1.0Hz 내지 1.5Hz로 추정할 수 있고, 일반적인 호흡 신호의 주파수는 0.2Hz 내지 0.35Hz로 추정할 수 있다.
- [0074] 필터링 과정에서 얻어지는 그래프는 사람의 심박 또는 호흡 이외의 노이즈 성분을 포함할 수 있으므로, 필터링 과정은 사람의 심박 또는 호흡의 특성을 고려하여 주파수 성분의 상한 및 하한을 설정하고, 설정된 상한 및 하한에 기초하여 그래프를 재차 필터링할 수 있다.
- [0075] 단계 (S140)에서는 생체 신호의 그래프를 이용하여 raw image를 호흡 상태에 맞추어 정렬할 수 있다.
- [0076] 이 때 각 주기 별 호흡 신호의 최대값 및 최소값을 설정하고, 설정된 최대값 및 최소값을 이용하여 raw image를 정렬한다.
- [0077] 또한 호흡 신호의 amplitude를 기준으로 raw image의 raw data를 sort할 수 있으며, 또는 호흡 신호의 phase를 기준으로 raw data를 sort 할 수 있다.
- [0078] 실시 상의 편의를 위하여 투사 영상의 데이터를 분류할 때 호흡 상태 별 데이터 파일을 구분하기 위한 인덱스 (파일 이름일 수도 있음)에 촬영 시의 각도를 포함하여 투사 영상으로부터 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상을 재구성하기에 용이하게 할 수 있다.
- [0079] 도 9는 CT의 3차원 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다.

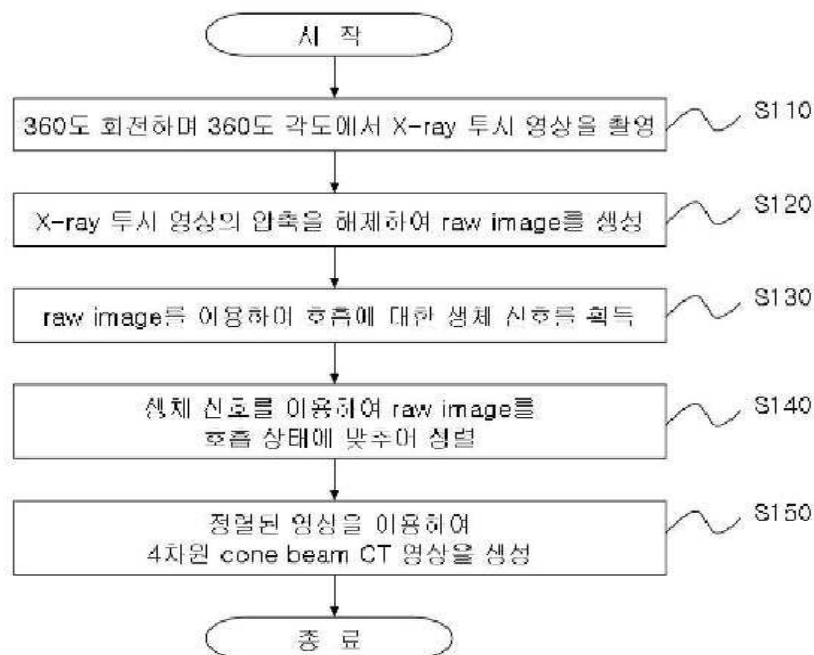
- [0080] 도 9를 참조하면, 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상 생성 방법은 상기 호홉 상태에 맞추어 정렬된 투사 영상 데이터를 각 각도에 맞게 재배열한다. 이 때 재배열된 영상 데이터는 3차원 영상을 형성하며, 3차원 영상의 재구성 과정에는 Feldkamp (FDK) algorithm이 이용될 수 있다.
- [0081] 또한 FDK 알고리즘과 함께 Half Beam Scanning이 이용될 수 있고, 이 과정에서 발생할 수 있는 truncated data에 의한 영향을 고려하여 3차원 영상의 재구성 과정이 수행될 수 있다.
- [0082] 도 10은 각 호홉 상태 별 4차원 콘 빔 CT 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0083] 3차원 영상 데이터를 기초로 환자의 호홉 신호를 기준으로 하여 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상의 재구성 과정이 수행된다. 각각의 state 별로 projection image의 헤더에 저장된 영상 촬영 시의 각도 정보를 기초로 해당 각도에 대한 back projection을 수행한다.
- [0084] 도 10을 참조하면, 호홉 상태 별로 재구성된 4차원 영상이 호홉 신호에 맞게 도시된다. 1st state에서 화살표로 표시된 횡경막이 호홉의 상태에 따라 2nd state 및 3rd state에서는 위로 움직였다가 4th state에서는 다시 최초의 상태로 복귀하고 있는 것을 알 수 있다.
- [0085] 또한 가로 선상에 원으로 표시된 암세포가 호홉의 상태 변화에 따라 위아래로 움직이고 있는 모습 또한 도 10을 통해 나타내어진다.
- [0086] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 종래의 CT 영상 획득 방법과는 달리 외부적 측정 장치를 포함하지 않고도 환자의 호홉 신호를 얻을 수 있다.
- [0087] 본 발명의 4차원 콘 빔(cone beam) CT 영상은 각 각도 별로 얻어진 CT 영상을 처리하는 프로세서, 및 각 프로세싱 단계 별로 필요한 임시 데이터를 저장하는 메모리를 포함하는 CT 영상 생성 장치에 의하여 수행될 수 있다.
- [0088] 상기 프로세서는 촬영된 CT 영상의 압축 데이터 파일을 raw data로 변환하는 기능을 수행하는 파일 압축 해제 모듈을 포함할 수 있다.
- [0089] 또한 상기 프로세서는 raw data에 대응하는 raw image로부터 환자의 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출 모듈을 포함할 수 있다.
- [0090] 상기 프로세서는 추출된 생체 신호로부터 노이즈 성분을 제거하는 필터링 모듈을 포함할 수 있다.
- [0091] 상기 프로세서는 FDK algorithm 등 3차원 영상 재구성 알고리즘을 이용하여 3차원 영상을 생성하는 3차원 영상 재구성 모듈을 포함할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 콘 빔(cone beam) CT 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.
- [0093] 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.
- [0094] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

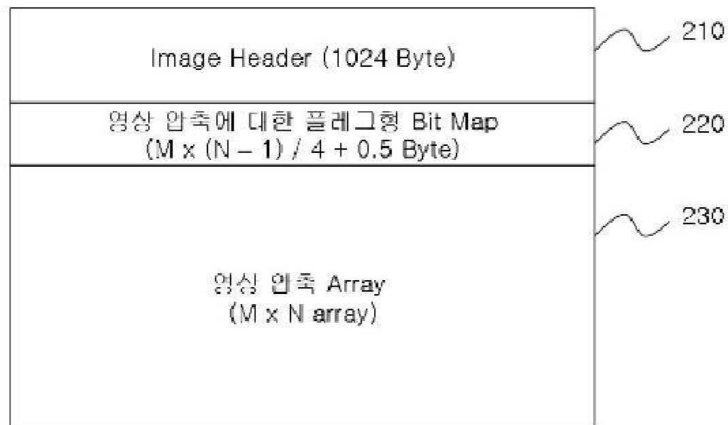
- [0095] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 콘 빔 CT 영상의 생성 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0096] 도 2는 콘 빔 투사 영상의 압축 데이터의 구조를 도시하는 도면이다.
- [0097] 도 3은 도 1의 단계 (S120)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0098] 도 4는 도 2의 플레그 비트 맵 (220)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 도면이다.
- [0099] 도 5는 압축 해제된 콘 빔 투사 영상 데이터의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0100] 도 6은 도 1의 단계 (S130)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0101] 도 7은 압축 해제된 콘 빔 투사 영상 데이터로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 과정의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0102] 도 8은 정량화된 환자의 호흡 신호의 그래프의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0103] 도 9는 CT의 3차원 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0104] 도 10은 각 호흡 상태 별 4차원 콘 빔 CT 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다.

도면

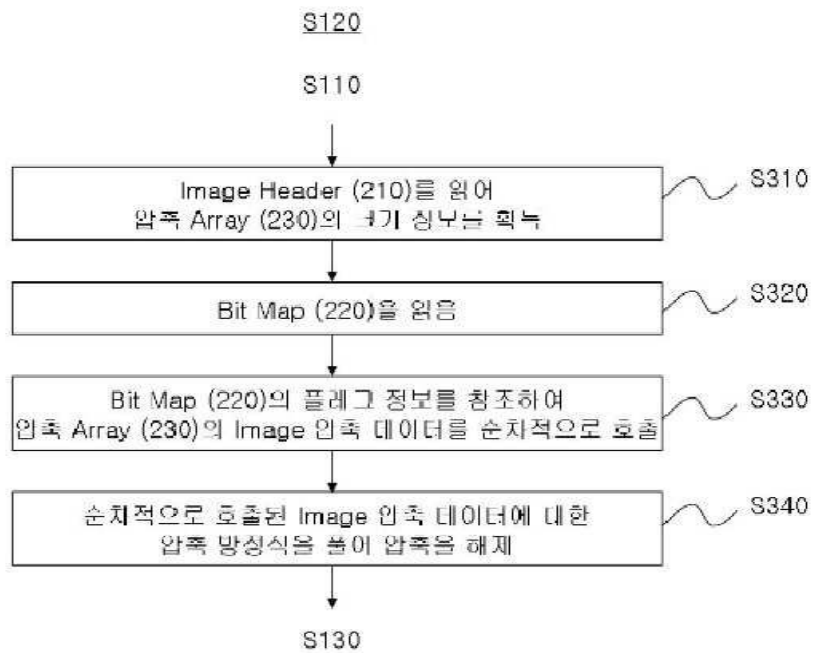
도면1



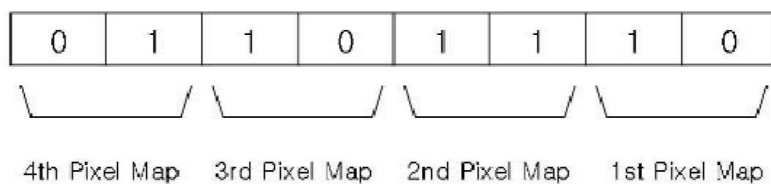
도면2



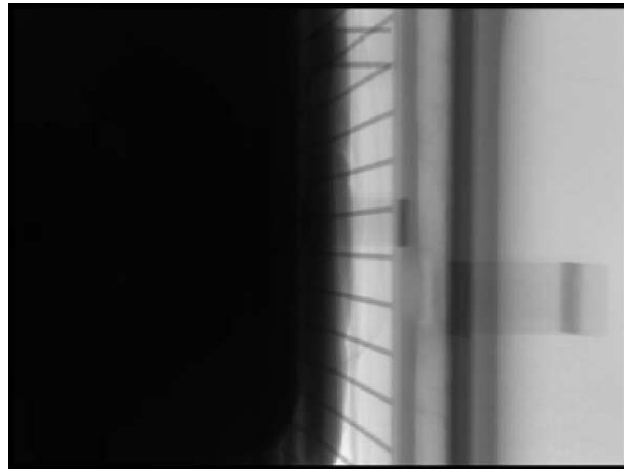
도면3



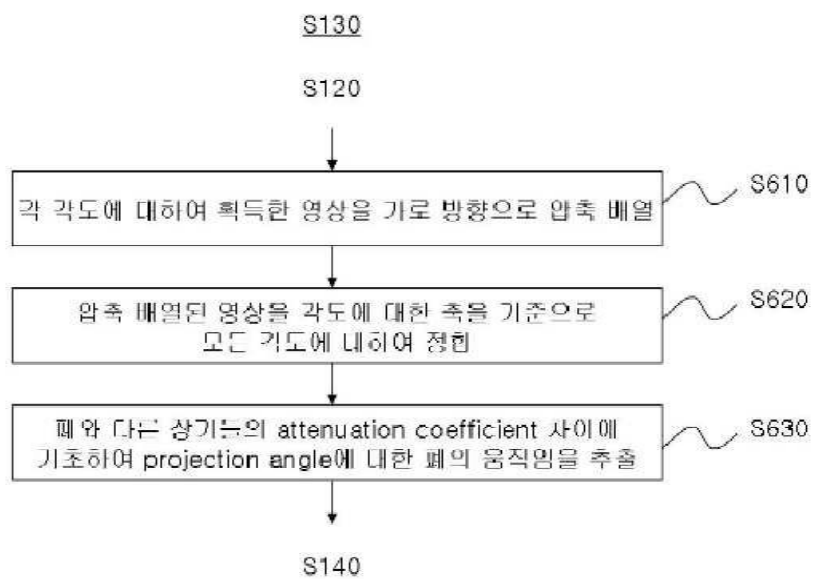
도면4



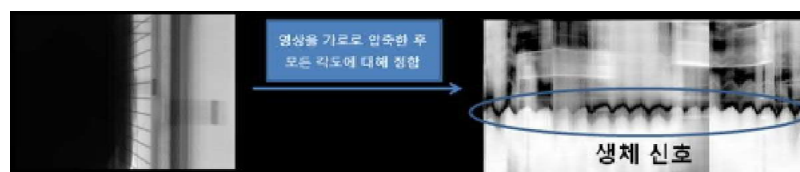
도면5



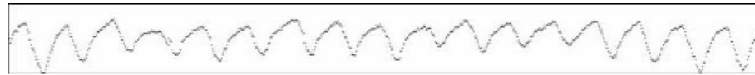
도면6



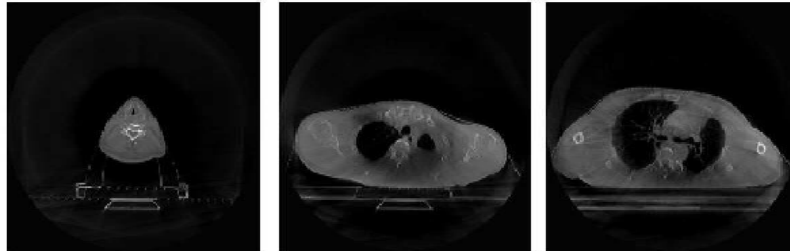
도면7



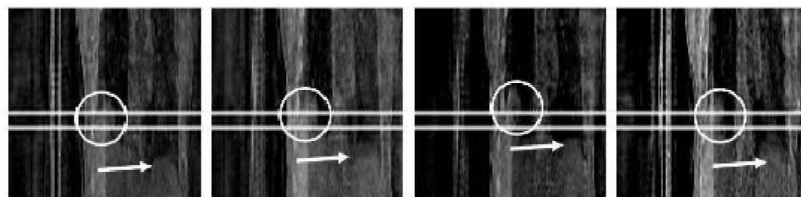
도면8



도면9



도면10



(a) 1st state

(b) 2nd state

(c) 3rd state

(d) 4th state