

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2011-0045319 (43) 공개일자 2011년05월04일
(51) Int. Cl. <i>A61B 6/00</i> (2006.01) <i>G06T 5/00</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2009-0101833 (22) 출원일자 2009년10월26일 심사청구일자 없음	(71) 출원인 울산대학교 산학협력단 울산 남구 무거2동 산29 (72) 발명자 박성호 서울특별시 강동구 성내1동 미주아파트 1동 905호 안승도 서울특별시 서초구 반포본동 주공아파트 114-202 (뒷면에 계속) (74) 대리인 황주명, 성정현, 위병갑	

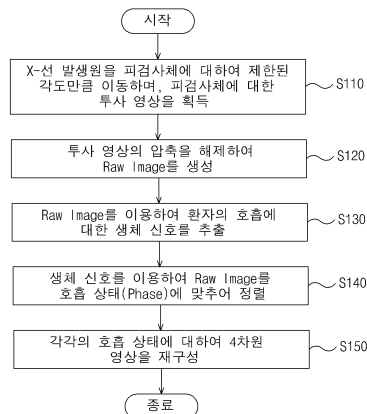
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 4차원 영상합성법의 재구성 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 환자에 대하여 15도, 30도 또는 60도 범위 등 제한된 각도에서 촬영된 X-ray 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 획득하고, 이를 이용하여 4차원 DTS(Digital Tomosynthesis) 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 환자 호흡에 의한 움직임을 추출하고 생체 신호를 추출할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박천주

서울특별시 서초구 방배동 929-32호

김호경

부산광역시 해운대구 재송동 더샵센텀파크 206-704

조민국

부산광역시 동래구 온천3동 지영아이니드빌 1003

김진성

경기도 용인시 수지구 죽전2동 죽전벽산아파트 10
9동 1204호

한영이

서울특별시 강남구 청담동 삼익아파트 12-707

안용찬

서울특별시 서초구 방배동 921-10 동남빌라 301호

박희철

경기도 안양시 동안구 평촌동 933-7 꿈마을 건영아
파트 305-1803

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2009-0083267

부처명 한국과학재단

연구관리전문기관

연구사업명 원자력연구개발사업

연구과제명 의료 몬테칼로 기술 개발

기여율

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2009년 7월 1일 ~ 2010년 6월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

엑스선 발생원 또는 상기 엑스선 발생원에 의하여 발생한 엑스선을 검출하는 영상 검출기를 환자에 대하여 소정의 범위의 각도만큼 회전하며 상기 환자에 대하여 촬영된 투사 영상을 얻는 단계;

상기 투사 영상의 압축을 해제하는 단계;

상기 압축 해제된 투사 영상으로부터 상기 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계;

상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계; 및

상기 정렬된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태 각각에 대하여 재구성하여 4차원 영상을 생성하는 단계

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 영상 검출기의 크기와 상기 환자의 해부학적 크기를 고려하여 영상 촬영 조건을 결정하는 단계를 더 포함하고,

상기 투사 영상을 얻는 단계는 상기 결정된 영상 촬영 조건에 기초하여 수행되는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 영상 촬영 조건은 풀 팬 모드(Full Fan Mode) 또는 하프 팬 모드(Half Fan Mode) 중 어느 하나인 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 4차원 영상을 생성하는 단계는

상기 소정의 범위의 각도로 인하여 상기 투사 영상에 나타나는 중첩 영상으로부터 원본 영상을 획득함으로써 상기 4차원 영상을 재구성하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 4차원 영상을 생성하는 단계는

수정 펄드캠프(FieldKamp) 기법을 이용하여 상기 중첩 영상으로부터 상기 원본 영상을 획득하는 단계; 및

상기 영상 촬영 조건을 고려하여 상기 투사 영상의 불연속성을 보정하는 단계

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는

상기 투사 영상의 헤더를 읽어 상기 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 단계;

상기 투사 영상의 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 투사 영상의 압축 데이터를 순차적으로 읽어 들이는 단계; 및

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

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 압축 데이터의 압축을 해제하는 단계는

상기 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 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는

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

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

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

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

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는

상기 압축 해제된 투사 영상을 로그 스케일로 변환하는 단계;

상기 로그 스케일로 변환된 투사 영상의 각 각도에 대한 픽셀의 데이터 값을 정규화하는 단계를 더 포함하고,

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

상기 정규화된 픽셀 데이터 값을 이용하여 상기 압축 해제된 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 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 투사 영상을 정렬하는 단계

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계는

상기 영상 촬영 조건이 하프 팬 모드(Half Fan Mode)이면, 상기 엑스선 발생원이 180도 회전하기 전과 후 각각의 투사 영상을 독립적으로 정렬하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법.

청구항 12

엑스선 발생원 또는 영상 검출기를 환자에 대하여 소정의 범위의 각도만큼 회전하며 상기 환자에 대하여 촬영된 투사 영상을 상기 영상 검출기로부터 얻는 영상 획득 제어부;

상기 투사 영상의 프로젝트 파일의 압축을 해제하는 압축 해제부;

상기 압축 해제된 투사 영상으로부터 상기 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출부;

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

상기 정렬된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태 각각에 대하여 재구성하여 4차원 영상을 생성하는 영상 재구성부

를 포함하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 영상 획득 제어부는

상기 영상 검출기의 크기와 상기 환자의 해부학적 크기를 고려하여 영상 촬영 조건을 결정하고, 상기 결정된 영상 촬영 조건에 기초하여 엑스선 발생원 및 상기 영상 검출기를 제어하고, 상기 투사 영상을 얻는 4차원 디지털 영상합성 재구성 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 영상 재구성부는

상기 소정의 범위의 각도로 인하여 상기 투사 영상에 나타나는 중첩 영상으로부터 원본 영상을 획득함으로써 상기 4차원 영상을 재구성하는 4차원 디지털 영상합성 재구성 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001]

본 발명은 제한된 각도에서 촬영된 X-ray 투사 영상으로부터 4D 디지털 영상합성법(Digital Tomosynthesis)에 의한 4차원 영상을 생성하는 방법 및 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

배경기술

[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(trajec-tory) 중의 특정의 윈도우(specified window)에 들어올 때에만 방사선을 쬌는 (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(expected track)에 머무르고 있다고 가정하는 계획을 세우고 예상 경로에 치료 계획의 전체 과정을 통해 예상한 단계 및 상태(expected 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 어려울 것이다.

[0006] 또한, 폐암 또는 간암 등 특정 장기의 질환이 의심되는 환자의 경우 해당 장기의 주변을 집중적으로 X-ray를 이용하여 촬영하는 방법이 알려져 있다. 특히 제한된 범위의 각도(예를 들면, 15도, 30도 또는 60도 등)에서 X-ray 발생원과 영상 검출기(Detector)를 환자를 사이에 두고 회전하여 촬영한 영상을 합성하는 기법을 영상합성(Tomosynthesis)라 한다. 최근에는 디지털 영상 처리 기술의 발전으로 이러한 영상합성이 디지털화되어 처리되며, 최종적으로 생성되는 결과물은 공간의 3차원에 시간의 1차원을 더하여 4차원 디지털 영상합성(Digital Tomosynthesis, DTS) 영상이라 불리기도 한다.

[0007] 이러한 4차원 DTS 영상의 생성 과정에서 서로 다른 각도 및 조건에서 촬영된 X-ray 투사 영상을 매끄럽게 연결하는 기법이 문제가 될 것이다. 특히 각각의 슬라이스를 서로 연결하는 기준이 되는 것은 환자의 호흡이나 움직임 등 생체 신호가 될 것이다.

[0008] 종래는 이러한 생체 신호를 별도의 외부 장치를 통하여 얻고, 이를 기준 신호로 삼았다. 따라서 영상 촬영과는 별도로 환자의 생체 신호를 측정하여야만 했으며 이는 환자가 4차원 DTS 영상을 위한 X-ray 촬영 중 불편을 느끼는 원인이 되기도 하고, 또한 측정 기기 상의 오류로 인해 부정확한 생체 신호가 감지되기도 하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 15도, 30도 또는 60도 등 제한된 각도에서 촬영된 X-ray 투사 영상으로부터 4차원 디지털 영상합성(Digital Tomosynthesis, DTS) 영상을 재구성하는 방법 및 장치를 제공하기 위한 것으로서, X-ray 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 추출된 호흡에 대한 생체 신호를 이용하여 X-ray 투사 영상을 정렬하고 이로부터 4차원 DTS 영상을 최종 생성하는 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 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 X-ray 투사 영상으로부터 생체 신호 추출 및 4차원 DTS 영상의 재구성 과정을 통괄하여 처리할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 디지털 영상합성(DTS) 재구성 방법은 엑스선 발생원을 환자에 대하여 소정의 범위의 각도만큼 회전하며 상기 환자에 대하여 촬영된 투사 영상을 얻는 단계, 상기 투사 영상의 압축을 해제하는 단계, 상기 압축 해제된 투사 영상으로부터 상기 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는

단계, 상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계, 및 상기 정렬된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태 각각에 대하여 재구성하여 4차원 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 4차원 DTS 재구성 방법은 상기 엑스선 발생원에 의하여 발생된 엑스선을 검출하는 영상 검출기의 크기와 상기 환자의 해부학적 크기를 고려하여 영상 촬영 조건을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 이 때 상기 투사 영상을 얻는 단계는 상기 결정된 영상 촬영 조건에 기초하여 수행될 수 있다. 상기 영상 촬영 조건은 풀 팬 모드(Full Fan Mode) 또는 하프 팬 모드(Half Fan Mode) 중 어느 하나일 수 있다.

[0014] 4차원 DTS 재구성 방법에서 상기 4차원 영상을 생성하는 단계는 상기 소정의 범위의 각도로 인하여 상기 투사 영상에 나타나는 중첩 영상으로부터 원본 영상을 획득함으로써 상기 4차원 영상을 재구성할 수 있다. 이 때 상기 4차원 영상을 생성하는 단계는 수정 펠드캠프(FieldKamp) 기법을 이용하여 상기 중첩 영상으로부터 상기 원본 영상을 획득하는 단계, 및 상기 영상 촬영 조건을 고려하여 상기 투사 영상의 불연속성을 보정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는 상기 투사 영상의 헤더를 읽어 상기 투사 영상의 어레이의 크기 정보를 획득하는 단계, 상기 투사 영상의 플레그 비트 맵을 참조하여 상기 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 포함할 수 있다.

[0016] 이 때 상기 투사 영상의 압축을 해제하는 단계는 상기 플레그 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 캐릭터터(character) 타입, 롱(long) 타입, 쇼트(short) 타입 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0017] 상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는 상기 압축 해제된 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계, 상기 압축 배열된 투사 영상의 부분들을 각도에 대한 축을 기준으로 정합하는 단계, 상기 정합된 투사 영상의 부분들로부터 폐와 여타 장기들의 감쇄 계수의 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. 이 때 상기 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 단계는 상기 압축 해제된 투사 영상을 로그 스케일로 변환하는 단계, 상기 로그 스케일로 변환된 투사 영상의 각 각도에 대한 픽셀의 데이터 값을 정규화하는 단계를 더 포함하고, 상기 압축 해제된 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열하는 단계는 상기 정규화된 픽셀 데이터 값을 이용하여 상기 압축 해제된 투사 영상의 각 각도에서 얻어진 부분들을 가로 방향으로 압축 배열할 수 있다.

[0018] 상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 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 투사 영상을 정렬하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 단계는 상기 영상 촬영 조건이 하프 팬 모드(Half Fan Mode)이면, 상기 엑스선 발생원이 180도 회전하기 전과 후 각각의 투사 영상을 독립적으로 정렬한다.

[0020] 본 발명의 다른 실시예에 따르면 4차원 DTS 재구성 장치는 엑스선 발생원을 환자에 대하여 소정의 범위의 각도만큼 회전하며 상기 환자에 대하여 촬영된 투사 영상을 영상 검출기로부터 얻는 영상 획득 제어부, 상기 투사 영상의 프로젝트 파일의 압축을 해제하는 압축 해제부, 상기 압축 해제된 투사 영상으로부터 상기 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출부, 상기 추출된 생체 신호를 기준으로 하여 상기 압축 해제된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태에 기초하여 정렬하는 영상 정렬부, 및 상기 정렬된 투사 영상을 상기 환자의 호흡 상태 각각에 대하여 재구성하여 4차원 영상을 생성하는 영상 재구성부를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 영상 획득 제어부는 상기 영상 검출기의 크기와 상기 환자의 해부학적 크기를 고려하여 영상 촬영 조건을 결정하고, 상기 결정된 영상 촬영 조건에 기초하여 엑스선 발생원 및 상기 영상 검출기를 제어하고, 상기 투사 영상을 얻을 수 있다.

[0022] 상기 영상 재구성부는 상기 소정의 범위의 각도로 인하여 상기 투사 영상에 나타나는 중첩 영상으로부터 원본 영상을 획득함으로써 상기 4차원 영상을 재구성할 수 있다.

효 과

- [0023] 본 발명에 따르면 4차원 디지털 영상합성(DTS) 영상을 재구성하는 방법 및 장치의 구현이 가능하며, 특히 제한된 각도에서 얻어진 X-ray 투사 영상을 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 방법이 제공된다.
- [0024] 본 발명에 따르면 압축된 채로 제공되는 X-ray 투사 영상의 프로젝트(prj) 파일의 압축을 해제하는 방법이 제공되고, 이를 통해 본 발명에 따르면 압축 해제된 투사 영상을 배열하여 호흡에 대한 생체 신호를 추출할 수 있다.
- [0025] 본 발명에 따르면 추출된 호흡에 대한 생체 신호를 기준으로 하여 투사 영상을 정렬하고 이로부터 4차원 디지털 영상합성(DTS) 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 X-ray 투사 영상으로부터 생체 신호 추출 및 4차원 디지털 영상합성(DTS) 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 DTS 영상의 재구성 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0029] 도 1을 참조하면 4차원 DTS 재구성 방법은 X-ray 발생원과 X-ray 검출기(Detector)는 피검사체(환자)를 사이에 두고 소정의 각도만큼 회전하며 각 각도에서 X-ray 투사 영상을 생성한다(S110). 소정의 각도라 함은 일반적으로 15도 내지 30도 정도의 제한된 각도로서, 이 범위에서 주요 장기가 집중적으로 촬영될 수 있다. 이때 X-ray 투사 영상은 소정의 압축 방식에 따라 압축된 형식의 데이터 파일(프로젝트 파일)로 나타내어질 수 있다.
- [0030] 4차원 DTS 재구성 방법은 X-ray 투사 영상의 프로젝트 파일의 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] 4차원 DTS 재구성 방법은 raw image를 이용하여 환자의 호흡에 대한 생체 신호를 획득한다 (S130). 단계 (S130)에서는 raw image가 나란히 배열되고 이로부터 환자의 주요 장기(예를 들어, 폐를 이용할 수 있다)의 움직임이 추출되고 상기 추출된 움직임을 이용하여 호흡에 대한 생체 신호가 얻어질 수 있다.
- [0032] 4차원 DTS 재구성 방법은 생체 신호를 이용하여 raw image를 호흡 상태(phase)에 맞추어 정렬한다 (S140).
- [0033] 4차원 DTS 재구성 방법은 정렬된 영상을 이용하여 4차원 영상합성(DTS) 영상을 생성한다 (S150).
- [0034] 도 2 및 도 3은 단계(S110)가 수행되는 서로 다른 예를 도시한다. 예를 들어 환자의 시상면(Sagittal Plane, 환자의 몸을 좌우로 나누는 가상의 평면)의 단층 정보가 필요한 경우 시상면 단층과 평행한 검출기 위치를 기준으로 제1 각도부터 제2 각도까지 X-ray를 투사하여 투사 영상을 획득한다. 제1 각도는 -15도 내지 -30도의 값을 가질 수 있고 제2 각도는 15도 내지 30도의 값을 가질 수 있다.
- [0035] 마찬가지로 예를 들어 환자의 관상면(Coronal Plane, 환자의 몸을 앞뒤로 나누는 가상의 평면)의 단층 정보가 필요한 경우 관상면 단층과 평행한 검출기 위치를 기준으로 제1 각도부터 제2 각도까지 X-ray를 투사하여 투사 영상을 획득한다.
- [0036] DTS는 고전적인 단층촬영 영상(Computed Tomography, CT)과 유사한 원리를 가지는 영상 기법이지만 X-ray 발생원과 영상 검출기가 피검사체를 사이에 두고 평행한 평면 내에서 또는 원호 궤도 내에서 제한된 각도를 통해 투사 영상을 얻는 기법이다. 이로 인해 얻어지는 기하학적 구조를 처리하기 위해서, 필요한 환자의 해부학적 평면(예를 들어, 관상면 또는 시상면)에 따라 영상 촬영 조건을 설정해 주어야 한다.

- [0037] 영상 촬영 조건을 설정할 때 고려되어야 할 점은 환자의 해부학적 평면을 어떻게 선택할 것인가 하는 것이다. 일반적으로 환자의 시상면 또는 관상면, 또는 시상면과 관상면 모두를 선택하는 경우가 많은데 이는 시상면 또는 관상면이 환자의 현재 상태를 적절하게 반영한다고 보기 때문이며, 진단자에게 익숙한 화면을 제공하기 때문이기도 하다.
- [0038] 영상 촬영 조건은 본 발명의 4차원 DTS 재구성 장치가 자동으로 설정할 수 있는데, 본 발명의 장치는 촬영에 의하여 얻어진 투사 영상으로부터 환자의 호흡 신호를 추출하는 것은 물론 투사 영상을 얻는 시퀀스를 사용자의 소정의 입력에 의하여 자동으로 진행할 수도 있다.
- [0039] 영상 촬영 조건은 Full Fan Mode와 Half Fan Mode로 구분될 수 있는데, 영상 검출기의 크기가 환자의 해부학적 크기를 다 포함할 만큼 큰 경우에는 (즉, 환자의 장기가 모두 포함되는 해부학적 크기가 작거나 영상 검출기가 큰 경우) 하나의 시퀀스로 투사 영상을 얻을 수 있다.
- [0040] 반대로 영상 검출기의 크기가 환자의 해부학적 크기를 다 포함하지 못할 만큼 작은 경우에는 추가적인 각도에서의 X-ray 투시 영상을 얻어야 한다.
- [0041] 이를 위해서 관상면 단층 정보를 얻는 경우를 예로 들어 설명하면, 먼저 관상면의 단층과 평행한 검출기 위치를 기준으로 제1 각도에서 제2 각도까지 X-ray 발생원을 회전하며 투시 영상을 얻는다. 다음으로, X-ray 발생원과 검출기 평면을 환자에 대하여 180도 회전한 후 새롭게 제1 각도에서 제2 각도까지 투시 영상을 얻는다.
- [0042] 도 4는 Half Fan Mode에서 관상 DTS 영상을 얻기 위한 시퀀스를 도시하는 도면이다.
- [0043] 환자의 해부학적 크기(410)가 검출기(Detector, 430)의 크기보다 더 큰 경우이므로 발생원(Source, 420)과 검출기(430)가 1차 촬영 조건에서 제한된 각도만큼 회전하여 1차 투사 영상을 얻는다.
- [0044] 2차 촬영 조건은 환자(440)에 대하여 발생원(450)과 검출기(460)가 1차 촬영 조건과는 180도만큼 회전하여 설정된다. 마찬가지로 제한된 각도만큼 발생원(450) 또는 검출기(460)가 회전하여 2차 투사 영상을 얻는다.
- [0045] Half Fan Mode에서는 1차 투사 영상과 2차 투사 영상이 함께 재구성된다. 이 때 촬영 조건이 불연속적이므로 이러한 불연속성을 고려하여 DTS 영상이 재구성되어야 한다.
- [0046] 도 5는 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.
- [0047] 단계 (S110)에서 생성된 투사 영상은 압축된 데이터 파일로 나타내어질 수 있다. 이 때 Image Header (510)는 1024 byte로 구성될 수 있다.
- [0048] 영상 압축에 대한 플레그 형 Bit Map (520)은 영상 압축 어레이 (530)의 각 픽셀에 대한 지침을 저장할 수 있다. 플레그 형 비트 맵 (520)은 $(M \times (N-1) / 4 + 0.5 \text{ Byte})$ 의 크기를 가질 수 있는데, 이 때 M은 영상 압축 어레이 (530)의 가로 크기, N은 영상 압축 어레이 (530)의 세로 크기이다.
- [0049] 영상 압축 어레이 (530)에는 영상에 대한 정보가 저장된다. 영상 압축 어레이 (530)에는 영상에 대한 정보가 그대로 저장되어 기존의 Dicom 영상을 여는 방식과 동일하게 기술될 수도 있으나, 영상에 대한 정보가 압축되어 저장될 수도 있다.
- [0050] 도 6은 도 5의 플레그 비트 맵 (520)의 엔트리의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 도면이다.
- [0051] 도 6을 참조하면 플레그 비트 맵 (520)은 1byte로 4개의 픽셀에 대한 정보를 저장한다. 도 6에서는 Little Endian 형태의 데이터 타입이 도시되어 있으나, 본 발명의 사상은 이에 국한되지 않는다.
- [0052] 가장 오른쪽의 2개의 bit(610)는 첫 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를, 오른쪽에서 3번째, 4번째의 bit(620)는 두 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타내며, 오른쪽에서 5번째, 6번째의 bit(630)는 세 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타내고 가장 왼쪽의 두개의 bit(640)는 네 번째 픽셀의 데이터에 대한 정보를 나타낸다.
- [0053] 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.

- [0054] 플레그 비트 맵 (520)을 참조하여 순차적으로 압축 어레이 (530)의 각 픽셀에 대응하는 raw image의 픽셀 데이터를 계산할 수 있다.
- [0055] 이 같은 과정을 거쳐 계산된 raw image의 픽셀 데이터는 하나의 데이터 타입으로 저장되는 것이 편리한데, 예를 들어 unsigned long 타입으로 통일되어 저장될 수 있다.
- [0056] 도 7은 도 1의 단계 (S120)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0057] 압축 파일을 raw image에 대응하는 raw data 파일로 변환하기 위해서는 먼저 Image Header (510)를 읽어 들인 후 Image Header (510)에 포함된 영상의 크기 정보를 체크할 수 있다 (S710). 이 때 raw data 파일을 생성하기 위해서 Image Header (510)에 저장된 정보 중 영상의 크기 정보 이외의 것들은 반드시 참조할 필요는 없다. 오히려 raw data 파일을 생성하는 데에는 Image Header (510)에 저장된 정보 중 영상의 크기 정보 이외의 것들은 참조되지 않을 수도 있다.
- [0058] 4차원 DTS 재구성 방법은 Image Header (510)가 읽힌 후에는 플레그 형 비트 맵 (520)을 읽는다 (S720). 단계 (S720)에서는 영상 압축 어레이 (530)의 각 픽셀의 압축 정보를 얻을 수 있다.
- [0059] 여기서 영상 압축 어레이 (530)의 각 픽셀에 대한 영상 압축을 나타내는 압축 방정식의 일 예로 하기 수학적 식 1과 같은 방정식을 이용할 수 있다.
- [0060] [수학적 식 1]
- [0061]
$$F(x,y) = \text{Image}(x-1,y-1) * \text{Image}(x,y) - \text{Image}(x-1,y) * \text{Image}(x,y-1)$$
- [0062] 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.
- [0063] 4차원 DTS 재구성 방법은 플레그 형 비트 맵 (520)의 플레그 정보를 참조하여 압축 어레이 (530)의 영상 압축 데이터를 순차적으로 호출 (S730)하고, 순차적으로 호출된 영상 압축 데이터에 대한 압축 방정식을 풀어 압축을 해제한다 (S740).
- [0064] 단계 (S740)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 (530)의 첫 번째 열(column) 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀에 대한 정보는 unsigned long 타입으로 저장될 수 있다.
- [0065] 상기 픽셀들 이후로는 $F(x,y)$ 값으로 저장되며, 만일 $F(x,y)$ 가 -125 이상 124 이하의 값을 가진다면 $F(x,y)$ 는 8 bit character 타입으로 저장될 수 있다. 또한 $F(x,y)$ 가 124보다 크고 32765보다 작은 값을 가지면 $F(x,y)$ 는 16 bit short 타입으로 저장될 수 있고, -125보다 작고 -32786 이상의 값을 가지는 경우에도 16 bit short 타입으로 저장될 수 있다.
- [0066] $F(x,y)$ 가 -32786보다 작거나 32765보다 큰 값을 가지는 경우에는 $F(x,y)$ 는 32 bit long 타입으로 저장될 수 있다.
- [0067] 이처럼 $F(x,y)$ 의 각 픽셀이 어느 데이터 타입으로 저장되어 있지 알지 못하므로, 이를 알려주는 정보는 플레그 형 비트 맵 (520)으로부터 얻어진다. $F(x,y)$ 의 각 픽셀에 대한 데이터 타입 정보는 플레그 형 비트 맵 (520)에 의하여 얻어지지만, 상술한 바와 같이 첫 번째 열 및 두 번째 열의 첫 번째 픽셀은 플레그 형 비트 맵 (520)에 의하지 않고 unsigned long 타입으로 저장된다.
- [0068] 도 8은 압축 해제된 투사 영상 데이터의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0069] 압축 해제된 데이터는 영상합성(DTS) 투사 영상의 raw image를 나타내며, 이는 제한된 각도의 각 각도에서 촬영된 X-ray 투사 영상을 나타낸다.
- [0070] 도 9는 도 1의 단계 (S130)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다. 4차원 영상합성(DTS) 영상을 구현하기 위해서는 4번째 차원 (3차원 공간과 대비되는)의 기준점을 찾아야 한다. 4차원 영상합성(DTS) 영상의 4번째 차원의 기준점은 환자의 생체 호흡 신호로 정해질 수 있다.

- [0071] 종래의 4차원 DTS 재구성 방법은 호흡 신호를 외부의 측정 장비로부터 얻는다. 이러한 경우에는 환자의 호흡 신호를 X-ray 영상 촬영 장치와는 별도로 구비된 호흡 신호 측정 장치를 이용하여 환자의 호흡 신호를 측정하고, 이를 기초로 투사 영상을 재배열한다.
- [0072] 그러나 본 발명의 4차원 영상합성(DTS) 재구성 방법은 투사 영상의 raw data로부터 환자의 호흡 신호를 추출할 수 있으므로 별도의 외부 측정 장치를 필요로 하지 않는다.
- [0073] 4차원 DTS 재구성 방법은 제한된 각도의 각 각도에 대하여 획득한 영상을 가로 방향으로 압축 배열한다 (S910).
- [0074] 4차원 DTS 재구성 방법은 압축 배열된 영상을 각도에 대한 축을 기준으로 모든 각도에 대하여 정합한다 (S920).
- [0075] 4차원 DTS 재구성 방법은, 예를 들어 폐와 다른 장기들의 attenuation coefficient 차이에 기초하여 projection angle에 대한 폐의 움직임을 추출한다 (S930).
- [0076] 단계 (S910) 및 단계 (S920)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.
- [0077] X-ray 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.
- [0078] 일반적으로 근육(muscle)은 약 40 HU, contrast는 약 130 HU, 뼈(bone)는 400 HU 이상의 값을 가진다.
- [0079] raw data에서 나타나는 밝기 값의 차이에 기초하여 X-ray 영상을 획득할 당시 projection angle에 대한 폐의 경계면의 움직임을 추출할 수 있다.
- [0080] Hounsfield Unit scale은 본래 CT 영상에서 각 물질에 따른 밝기 값의 차이를 나타내는 척도이나, 그 원리는 X-ray의 투사 결과에서 나오는 것이므로 본 발명과 같은 DTS 영상에서도 적용될 수 있을 것이다. 또는 HU scale은 하나의 예로 든 것일 뿐, X-ray 영상에서 각 물질에 따라 서로 다른 밝기 값을 가지기 때문에 이를 적절히 나타낼 수 있는 일반적인 척도를 이용할 수도 있을 것이다.
- [0081] 도 10은 압축 해제된 투사 영상 데이터로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 과정의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0082] 도 10에서는 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 10에서는 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.
- [0083] 도 10의 영상에서 밝기 값이 주변과 현저하게 다른 (여기서는 어두운) 경계면 부위가 감지될 수 있다. 본 발명의 4차원 영상합성(DTS) 재구성 방법은 보다 정량적인 신호의 획득을 위해 상기 감지된 폐의 경계면을 포함하는 소정의 영역을 분리해 낼 수 있다.
- [0084] 이처럼 분리된 소정의 영역에서, 밝기 값의 상한 및 하한을 설정하고, 경계면 부위를 필터링하여 걸러낼 수 있다.
- [0085] 이와 같은 필터링 과정에서 얻어진 생체 신호 그래프의 일 예가 도 11에 도시된다. 도 11은 정량화된 환자의 호흡 신호의 그래프의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0086] 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.
- [0087] 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.

[0088] 다시 도 1을 참조하면, 단계 (S140)에서는 생체 신호의 그래프를 이용하여 raw image를 호홉 상태에 맞추어 정렬할 수 있다.

[0089] 이 때 각 주기 별 호홉 신호의 최대값 및 최소값을 설정하고, 설정된 최대값 및 최소값을 이용하여 raw image를 정렬한다.

[0090] 또한 호홉 신호의 amplitude를 기준으로 raw image의 raw data를 sort할 수 있으며, 또는 호홉 신호의 phase를 기준으로 raw data를 sort 할 수 있다.

[0091] 실시 상의 편의를 위하여 투사 영상의 데이터를 분류할 때 호홉 상태 별 데이터 파일을 구분하기 위한 인덱스 (파일 이름일 수도 있음)에 촬영 시의 각도를 포함하여 투사 영상으로부터 4차원 영상합성(DTS) 영상을 재구성하기에 용이하게 할 수 있다.

[0092] 단계(S150)에서는 정렬된 투사 영상을 기초로 하여 중첩된 영상으로부터 원본 영상을 추출하는 과정이 도시된다.

[0093] 도 12는 단계(S150)의 알고리즘(algorithm)의 일 예를 도시하기 위한 도면이다.

[0094] 임의의 높이 z에서의 단면에 대한 검출기 평면에서의 정보 f(x,y/z)는 Feldkamp 방식에 따르는 하기 수학적 식 2에 의하여 구해질 수 있다.

[0095] [수학적 식 2]

$$f(x, y/z) = \int_{\beta=\min \beta}^{\max \beta} \frac{d^2}{(d-s)^2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d}{\sqrt{d^2 + p^2 + \xi^2}} \times R(\beta, p, \xi) h\left(\frac{d \cdot t}{d-s} - p\right) dp d\beta$$

[0096]

[0097] 여기서 β 는 투시된 각도를 나타내고, d는 회전 중심축으로부터 X-ray 발생원의 거리, s는 검출기 평면으로부터의 거리, p는 회전축에 수직인 축, ξ 는 회전축에 평행인 축을 의미하며 $R(\beta, p, \xi)$ 은 cone beam 형태의 투시 데이터, 그리고 $h(\)$ 는 필터를 나타낸다. 필터는 영상의 특성을 고려하여 설정되며, 예를 들어 Half Beam Scanning 시 영상의 불연속성을 보정하는 특성을 가질 수 있다.

[0098] 4차원 영상의 재구성을 위하여 각각의 각도에 대한 projection data를 가지고 먼저 3차원 입체 영상을 생성한다. 이 때 중첩 영상(p, ξ)로부터 원본 영상 (x,y)을 획득하는 것이 단계(S150)의 주요 과제이다.

[0099] Feldkamp 알고리즘을 수정한 Modified FDK 알고리즘이 이용될 수 있으며, FDK 알고리즘과 Modified FDK 알고리즘의 차이는 제한된 각도 범위에서의 촬영에 의한 경계 각도에서의 데이터 불연속성을 보정하는 것을 주요 특징으로 한다. 또한 Half Beam Scanning에 의한 경우 영상의 Truncated Data에 의한 영향을 최소화할 필요가 있다.

[0100] 도 13은 재구성 결과의 일 예로서, 각각 다른 층에서의 관상면 DTS의 3차원 영상을 재구성한 결과를 도시한다.

[0101] 관상면은 환자의 앞과 뒤를 분할하는 평면으로, 통상 환자의 정면을 반영하는 화면을 디스플레이한다. 도 13에서는 환자의 호홉 상태를 4가지로 분할하고, sorting한 예가 도시된다.

[0102] 각각의 호홉 상태 별로 projection image 파일의 헤더에 영상을 촬영한 각도에 대한 정보가 기록되고, 해당 각도에 대하여 영상합성 재구성을 수행할 수 있다.

[0103] 도 14는 각 호홉 상태 별 4차원 DTS 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다. 도 14에서는 폐암 환자의 4차원 DTS 재구성 결과가 도시된다.

[0104] (a)는 첫 번째 state, (b)는 두 번째 state, (c)는 세 번째 state, (d)는 네 번째 state를 도시한다.

[0105] 도 14는 Coronal DTS 재구성 결과가 도시되며, 점선으로 표시된 부분은 횡경막 주변 영역을 나타낸다. (a)에서는 점선 아래에 있던 횡경막이 환자의 호홉에 따라 위로 움직였다가 아래의 위치로 돌아가고 있음을 알 수 있다. 또한 각각의 화면의 왼쪽에 표시된 암세포(화살표 부분)도 호홉에 따라 위아래로 움직이고 있음을 알

수 있다.

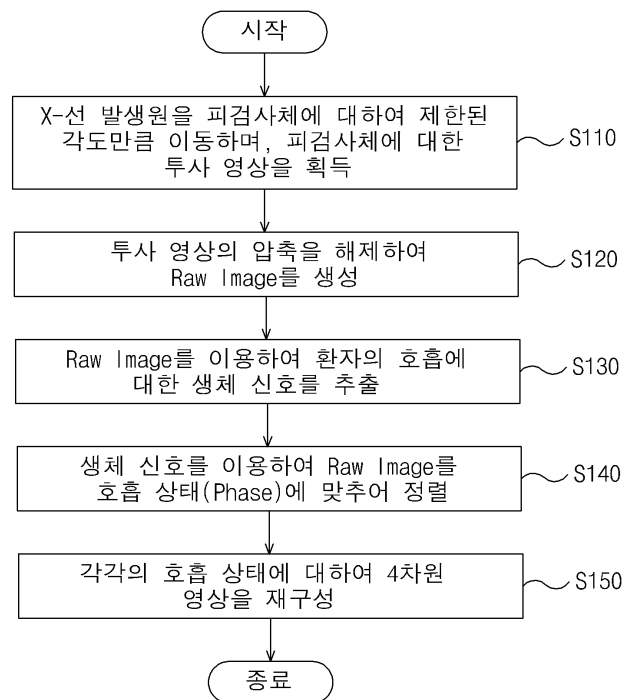
- [0106] 3차원 영상 데이터를 기초로 환자의 호흡 신호를 기준으로 하여 4차원 영상합성(DTS) 영상이 재구성된다. 각각의 state 별로 projection image의 헤더에 저장된 영상 촬영 시의 각도 정보를 기초로 해당 각도에 대한 back projection을 수행한다.
- [0107] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 종래의 DTS 영상 획득 방법과는 달리 외부적 측정 장치를 포함하지 않고도 환자의 호흡 신호를 얻을 수 있다.
- [0108] 도 15는 각 호흡 상태 별 4차원 DTS 영상의 재구성 결과의 다른 예를 도시하는 도면이다. 도 15는 간암 환자의 4차원 DTS 재구성 결과를 도시하며, (a) 내지 (d)는 Coronal Plane에 대한 투사 영상, (e) 내지 (f)는 Sagittal Plane에 대한 투사 영상을 나타낸다.
- [0109] (a)와 (e)는 첫 번째 State, (b)와 (f)는 두 번째 state, (c)와 (g)는 세 번째 state, (d)와 (h)는 네 번째 state를 도시한다.
- [0110] 점선 부분을 기준으로 했을 때 환자의 호흡에 의한 각 부위의 상승과 하강 운동이 명확히 도시된다. 이 같은 움직임은 첫 번째 state로부터 두 번째, 세 번째 state를 거쳐 네 번째 state에서 다시 첫 번째 state로 순환된다.
- [0111] 본 발명의 4차원 영상합성(DTS) 재구성 방법은 각 각도 별로 얻어진 투사 영상을 처리하는 프로세서, 및 각 프로세싱 단계 별로 필요한 임시 데이터를 저장하는 메모리를 포함하는 영상합성 재구성 장치에 의하여 수행될 수 있다.
- [0112] 상기 프로세서는 촬영된 투사 영상의 압축 데이터 파일을 raw data로 변환하는 기능을 수행하는 파일 압축 해제 모듈을 포함할 수 있다.
- [0113] 또한 상기 프로세서는 raw data에 대응하는 raw image로부터 환자의 생체 신호를 추출하는 생체 신호 추출 모듈을 포함할 수 있다.
- [0114] 상기 프로세서는 추출된 생체 신호로부터 노이즈 성분을 제거하는 필터링 모듈을 포함할 수 있다.
- [0115] 상기 프로세서는 수정 FDK algorithm 등 3차원 영상 재구성 알고리즘을 이용하여 3차원 영상을 생성하는 3차원 영상 재구성 모듈을 포함할 수 있다.
- [0116] 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 영상합성(DTS) 재구성 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이러한 프로그램은 상기과 같은 프로세서에 의하여 수행될 수 있으며, 상기 프로세서와 연동된 메모리 장치에 의하여 일시적으로 또는 영구적으로 저장될 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.
- [0117] 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.
- [0118] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

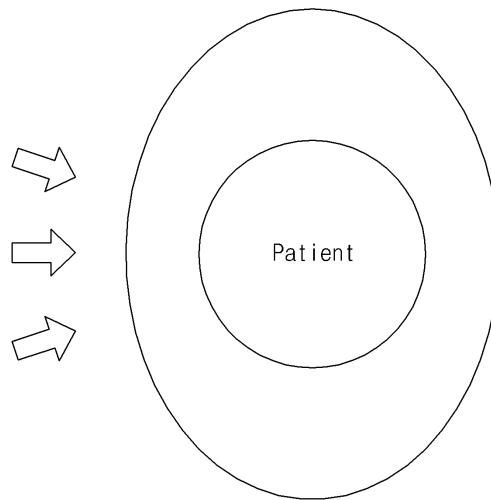
- [0119] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 4차원 디지털 영상합성 재구성 방법을 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0120] 도 2는 도 1의 단계(S110)의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0121] 도 3은 도 1의 단계(S110)의 다른 예를 도시하는 도면이다.
- [0122] 도 4는 영상 촬영 조건의 일 예인 하프 팬 모드(Half Fan Mode)를 도시하는 도면이다.
- [0123] 도 5는 투사 영상의 압축 데이터의 구조를 도시하는 도면이다.
- [0124] 도 6은 도 5의 플레그 비트 맵 (520)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 도면이다.
- [0125] 도 7은 도 1의 단계 (S120)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0126] 도 8은 압축 해제된 투사 영상 데이터의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0127] 도 9는 도 1의 단계 (S130)의 일 예를 더욱 상세히 도시하는 동작 흐름도이다.
- [0128] 도 10은 압축 해제된 투사 영상 데이터로부터 호흡에 대한 생체 신호를 추출하는 과정의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0129] 도 11은 정량화된 환자의 호흡 신호의 그래프의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0130] 도 12는 도 1의 단계(S150)의 알고리즘의 일 예를 도시하기 위한 도면이다.
- [0131] 도 13은 재구성 결과의 일 예로서, 각각 다른 층에서의 Coronal DTS의 3차원 영상 재구성 결과를 도시하는 도면이다.
- [0132] 도 14는 각 호흡 상태 별 4차원 DTS 영상의 재구성 결과의 일 예를 도시하는 도면이다.
- [0133] 도 15는 각 호흡 상태 별 4차원 DTS 영상의 재구성 결과의 다른 예를 도시하는 도면이다.

도면

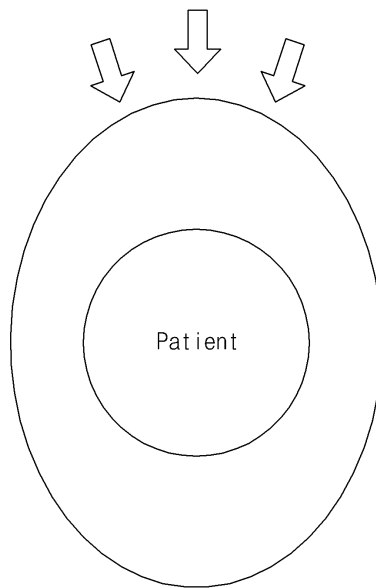
도면1



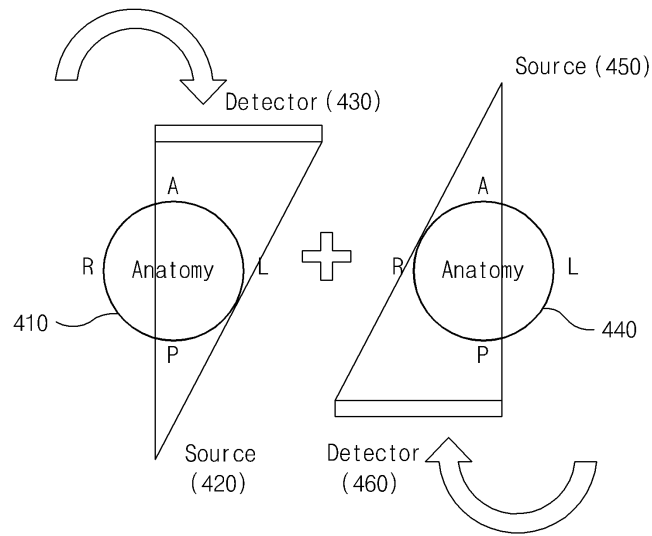
도면2



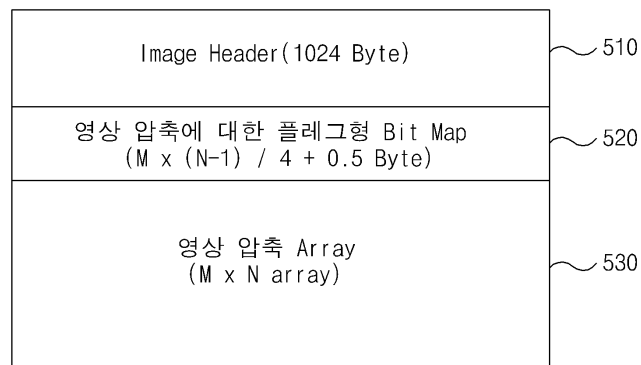
도면3



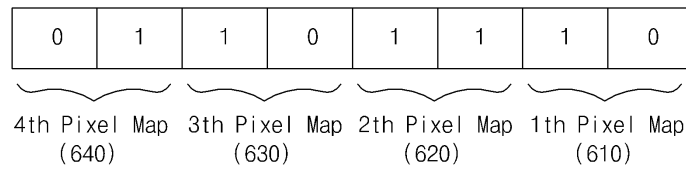
도면4



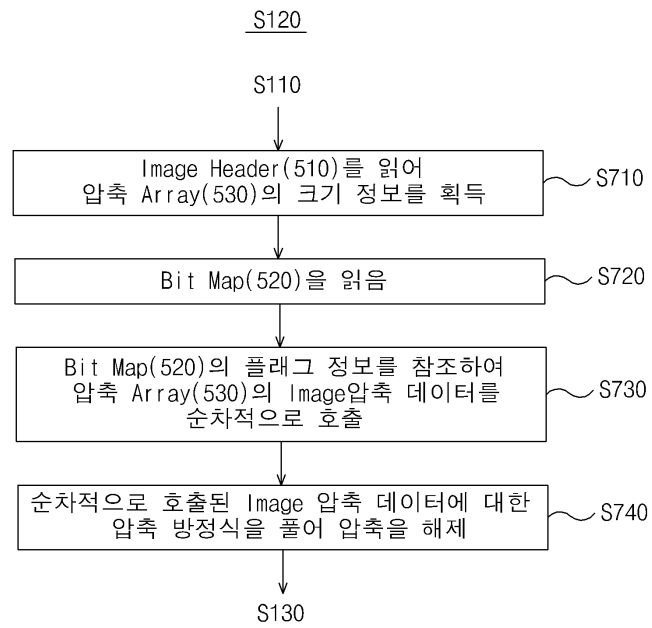
도면5



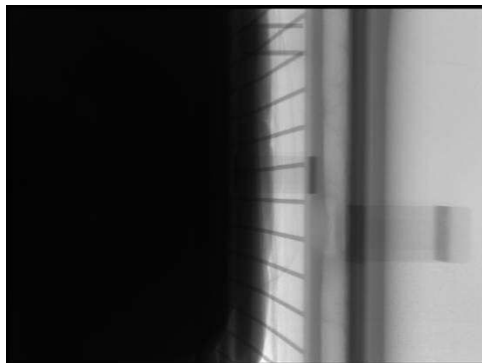
도면6



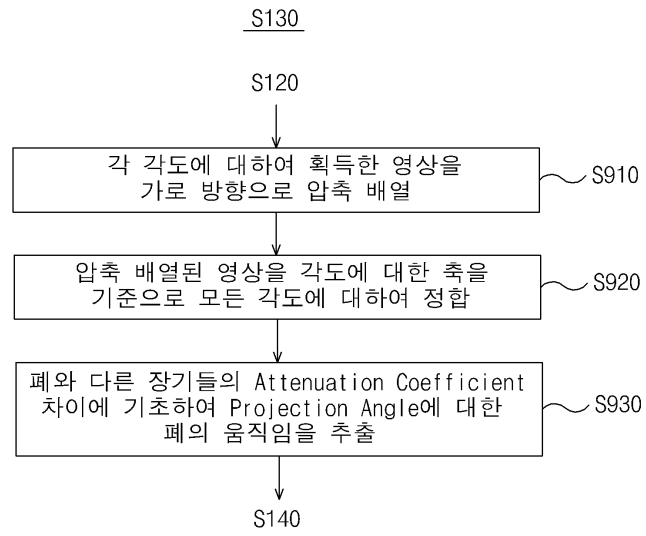
도면7



도면8



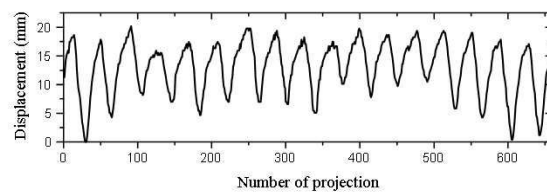
도면9



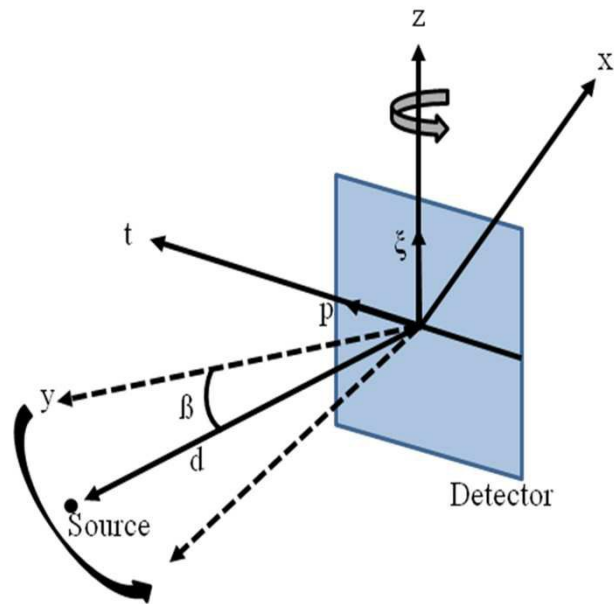
도면10



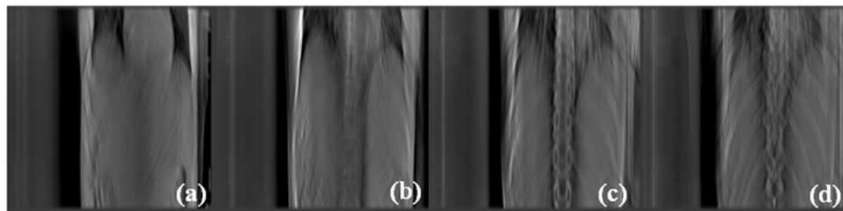
도면11



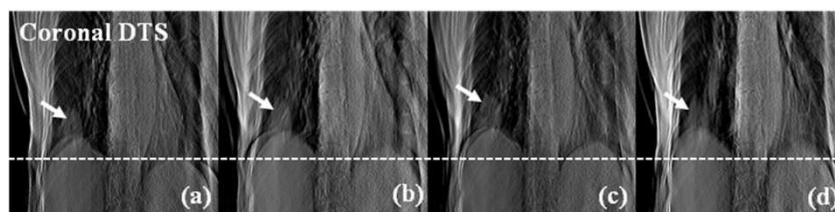
도면12



도면13



도면14



도면15

