



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년07월13일
(11) 등록번호 10-1164150
(24) 등록일자 2012년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/06 (2006.01) G01N 23/22 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7002999
(22) 출원일자(국제) 2004년08월12일
심사청구일자 2009년08월07일
(85) 번역문제출일자 2006년02월13일
(65) 공개번호 10-2006-0066723
(43) 공개일자 2006년06월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/026079
(87) 국제공개번호 WO 2005/018734
국제공개일자 2005년03월03일
(30) 우선권주장
60/494,699 2003년08월12일 미국(US)
60/579,095 2004년06월10일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20020051513 A1
US20020065461 A1

(73) 특허권자
로마 린다 유니버시티 메디칼 센터
미국, 캘리포니아 92350, 로마 린다, 프로스펙트 스트리트 24888
(72) 발명자
리그니, 닉
미국, 캘리포니아 92373, 레드랜즈, 밀번 애비뉴 1381
앤더슨, 단
미국, 캘리포니아 92354, 로마 린다, 산 루카스 11194
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

전체 청구항 수 : 총 67 항

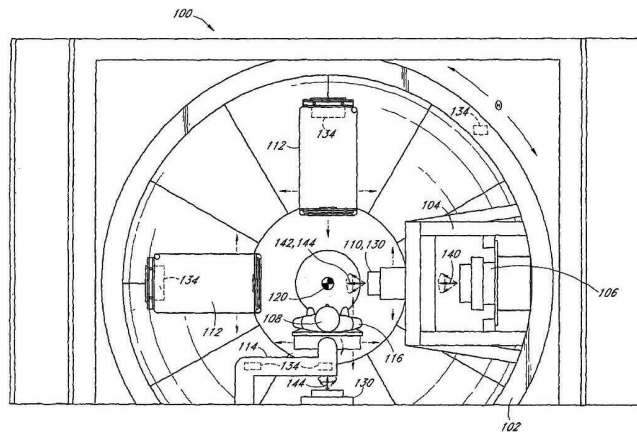
심사관 : 노영철

(54) 발명의 명칭 방사선 테라피 시스템을 위한 환자 배치 시스템

(57) 요약

방사선 테라피 시스템(radiation therapy system)(100)을 위한 환자 배치 시스템이 개시된다. 배치 시스템은 방사선 테라피 시스템(100)의 이동 가능하거나 및/또는 계획된 값에 대한 구부러짐 혹은 기타 위치 변이에 노출되는 컴포넌트의 위치 및 향 측정치를 획득하는 복수의 외부 측정장치(124)를 포함한다. 외부 측정장치들은 보정성 위치 피드백을 제공하여 보다 정밀하게 환자를 레지스터하고 방사선 빔의 전달 축(142)에 정렬시킨다. 배치 시스템은 방사선 테라피 시스템의 이동 가능한 컴포넌트의 상대적 위치를 모니터링하고 효율적인 이동 절차를 계획한다. 배치 시스템은 또한 방사선 테라피 시스템(100)의 컴포넌트 사이에, 그리고 이동 구획 내에 침입할 수 있는 사람과의 충돌을 방지하도록 이동을 계획한다. 배치 시스템은 방사선 테라피 시스템(100)의 일부로 제공될 수 있고, 또는 기존 방사선 테라피 시스템에 대한 업그레이드로 추가될 수 있다.

대표도



(72) 발명자

레지나, 데이비드

미국, 캘리포니아 92373, 레드랜즈, 밀스 애비뉴 1310

밀러, 단

미국, 캘리포니아 92399, 유카이파, 14가 12435

모이어스, 마이클

미국, 캘리포니아 92324, 콜톤, 웨디드 드라이브 3017

첵, 치에

미국, 캘리포니아 92373, 레드랜즈, 아파트 에이, 레드랜즈블레버드 25965

바우만, 마이크

미국, 캘리포니아 92508, 리버사이드, 오크데일 레인 20842

맥칼라스터, 스티븐

미국, 캘리포니아 91730, 랑초 쿠카몽가, 아파트 256, 처치스트리트 10730

슬레이터, 제리

미국, 캘리포니아 92373, 레드랜즈, 하이랜드 애비뉴 1210

특허청구의 범위

청구항 1

갠트리(gantry);

환자를 고정하도록 설정되는 환자고정장치;

상기 환자고정장치를 상기 갠트리 내의 3개의 병진축 및 3개의 회전축을 따라 배치하기 위해 상기 환자고정장치와 상호연결된 환자 포지셔너(patient positioner);

비이동 기준계를 제공하는 복수의 고정된 랜드마크(landmark);

상기 갠트리에 상호연결되고 빔 축(beam axis)을 따라 선택적으로 방사선 테라피를 전달하는 방사선 테라피 노즐;

적어도 상기 환자고정장치 및 상기 비이동 기준계에 위치하는 상기 노즐의 위치 측정치를 획득하는 복수의 외부 측정장치; 및

적어도 상기 환자고정장치 및 상기 비이동 기준계에 대하여 상기 노즐의 위치 측정치를 수신하며, 상기 비이동 기준계에서 상기 위치 측정치 및 배치하려는 향의 차이를 결정하여 상기 환자를 상기 빔 축에 대해 6차원으로(상기 3개의 병진축 및 3개의 회전축을 따라) 배치하려는 향으로 배치하도록 상기 환자 포지셔너에 제어 신호를 제공하는 제어부를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 외부 측정장치는 상기 위치 측정치를 획득하기 위해 적어도 상기 환자고정장치 및 상기 노즐의 광학적 이미지를 획득하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

적어도 상기 환자고정장치 및 상기 노즐에 구비되는 복수의 마커(markers)를 더 포함하되, 상기 외부 측정장치는 상기 마커의 위치 측정치를 획득하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 갠트리 및 상기 환자 포지셔너 중 적어도 하나와 작동시 통신하는 적어도 하나의 로컬 위치 피드백 장치(local position feedback device)를 더 포함하되, 상기 적어도 하나의 로컬 위치 피드백 장치는 상기 갠트리 및 상기 환자 포지셔너 중 적어도 하나의 위치를 적어도 하나의 병진축 및 회전축에 대해 나타내는 위치 데이터를 상기 제어부에 제공하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 환자의 이미지를 획득하고 상기 노즐에 대한 환자 타겟 아이소센터의 상대적 위치를 판단하는 환자 이미징 시스템을 더 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 시스템은 상기 환자를 초기 위치에 배치하고, 상기 환자를 이미징한 후, 보정 벡터를 판단하고 상기 환자 포지셔너 및 상기 환자 타겟 아이소센터를 상기 노즐에 대해 배치하려는 환자 포즈로 이동하게 하는 제어 신호를 공급하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 환자 이미징 시스템은 적어도 하나의 방사선 이미저(radiographic imager)를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 환자 이미징 시스템은 적어도 하나의 x-선 소스(x-ray source) 및 적어도 하나의 고체 상태(solid state) x-선 이미저를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 환자 이미징 시스템은 상기 빔 축 내외로 이동이 가능한 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 환자 이미징 시스템은 상기 타겟 아이소센터의 보다 정밀한 판단을 위해 복수의 관점에서 상기 환자의 이미지를 획득하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

위치 측정치의 획득 및 상기 환자 포지셔너로의 상기 배치 제어신호 공급은 반복적으로(iteratively) 이루어지는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 노즐은 갠트리 아이소센터를 중심으로 회전 가능하도록 상기 갠트리와 상호연결되는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 비이동 기준계에서 상기 외부 측정장치에 의해 측정된 향 및 위치 차이 벡터를 판단하고, 상기 차이 벡터를 제 2 기준계 내의 적어도 하나의 보정 벡터로 변환시킴으로써 상기 빔 축에 대해 상기 환자

를 바람직한 포즈로 배치하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 보정 벡터는 상기 노즐이 상기 갠트리 아이소센터를 중심으로 회전하도록 하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 15

이동하도록 구성된 복수의 컴포넌트를 구비한 방사선 테라피 시스템을 위한 환자 배치 시스템에 있어서,

고정된 제1 기준계에서 향(orientation) 정보를 제공하기 위해 상기 제1 기준계에서 상기 복수의 컴포넌트의 향 측정치를 획득하도록 배열된 복수의 외부 측정장치;

실질적으로 제자리에 고정된 환자를 지지하고 상기 환자를 3 개의 병진축 및 3 개의 회전축에서 제어 가능하게 배치하도록 설정되는 이동 가능한 환자 서포트(support); 및

상기 복수의 외부 측정장치로부터 정보를 수신하되, 상기 고정된 제1 기준계에서 상기 복수의 컴포넌트 및 상기 복수의 컴포넌트에 대하여 상기 환자의 요구되는 포즈 사이의 차이를 판단하고 상기 환자를 요구되는 포즈에 6차원으로(상기 3 개의 병진축 및 상기 3 개의 회전축에서) 정렬시키도록 상기 차이를 기초로 상기 이동 가능한 환자 서포트에 이동 명령을 공급하여 상기 배치 시스템이 상기 복수의 컴포넌트의 이동에 대해 보상하도록 하는 제어부를 포함하는 환자 배치 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 환자를 상기 요구되는 포즈에 정렬시키는 것에는 상기 방사선 테라피 시스템이 방사선 빔을 인가할 때 관통하는 빔 전달 조준점을 기준으로 상기 환자 서포트를 정렬시키는 것이 포함되는 환자 배치 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 환자의 이미지 및 타겟 아이소센터를 획득하는 환자 이미저 시스템을 더 포함하되, 상기 배치 시스템은 상기 타겟 아이소센터의 위치를 판단하여 상기 타겟 아이소센터를 상기 빔 전달 조준점과 정렬시키는 환자 배치 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

이동이 가능하도록 구성된 상기 컴포넌트 중 적어도 하나는 능동적으로 제어가 가능하며, 상기 배치 시스템은 상기 적어도 하나의 능동적으로 제어가 가능한 컴포넌트를 배치하기 위한 제어신호를 공급함으로써 상기 환자를 상기 요구되는 포즈로 정렬시키는 피드백 기능을 제공하는 환자 배치 시스템.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

이동이 가능하도록 구성된 상기 복수의 컴포넌트의 특정 지점에 고정되는 복수의 마커를 더 포함하되, 상기 외부 측정장치는 상기 마커의 위치 측정치를 획득하는 환자 배치 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

복수의 외부 측정장치들이 하나의 마커의 위치 측정치를 획득하여 상기 하나의 마커의 위치에 대하여 하나의 외부 측정장치에 비해 보다 정확한 측정치를 제공하는 환자 배치 시스템.

청구항 21

이동이 가능하도록 구성된 복수의 컴포넌트를 구비한 시스템으로 테라피를 전달하기 위해 환자를 레지스터(register) 및 배치하는 방법에 있어서,

6차원으로(3개의 병진축 및 3개의 회전축을 따라) 이동이 가능한 제어 가능한 환자 포지셔너에 의하여 환자를 초기 치료 포즈에 배치하는 단계;

상기 복수의 컴포넌트의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하여, 고정된 제1 기준계에서 상기 복수의 컴포넌트의 향을 판단하는 단계;

상기 제1 기준계에서, 상기 복수의 컴포넌트의 특정 지점의 외부에서 측정되는 위치에 대하여 상기 관찰된 초기 치료 포즈와 배치하려는 환자 포즈 사이의 차이 벡터를 판단하는 단계; 및

상기 환자를 상기 배치하려는 환자 포즈로 이동시키기 위한 6차원까지의(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축을 따라 최고 6개축까지의) 이동 명령을 상기 환자 포지셔너에 공급하는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 복수의 컴포넌트의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하는 단계는 복수의 카메라를 사용하여 상기 복수의 컴포넌트의 광학적 이미지를 획득하는 것을 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 23

제 21 항에 있어서,

상기 차이 벡터는 제 1 기준계 내에서 판단되고, 상기 이동 명령을 공급하는 단계는 상기 제 1 기준계 내의 상기 차이 벡터를 상기 환자 포지셔너를 위한 제 2 기준계의 상응하는 이동 벡터로 변환시키는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 24

제 21 항에 있어서,

상기 환자의 방사선 이미지를 획득하고 적어도 부분적으로 상기 환자 이미지를 바탕으로 상기 차이 벡터를 판단하는 단계를 더 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 방사선 이미지를 획득하는 단계는,

x-선 소스 및 x-선 이미저를 일반적으로 테라피 빔 축을 따라 상기 환자가 그 사이에 위치하도록 배치하는 단계;

상기 x-선 소스에 상기 환자 및 상기 x-선 이미저를 노출시키는 단계; 및

상기 테라피 빔 축으로부터 상기 x-선 소스 및 이미저를 제거하는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방

법.

청구항 26

방사선 치료 시설과 함께 사용되되, 상기 방사선 치료 시설은 입자 근원과 상기 입자들이 조사되는 노즐을 포함하는 복수의 컴포넌트를 구비하고, 복수의 상이한 경로를 통해 환자의 특정 부위로 상기 입자들이 용이하게 전달되게 하기 위하여 상기 노즐이 상기 환자에 대해 이동 가능한 배치 시스템에 있어서,

상기 환자를 수용하며, 요구되는 경로를 따라 상기 환자의 상기 특정 부위로 상기 입자들이 요구되는 경로를 따라 용이하게 전달되게 하기 위하여 상기 노즐에 대해 상기 환자의 향을 6차원(3개의 병진축 및 3개의 회전축 상)으로 조절하도록 이동이 가능한 환자 포지셔너;

상기 노즐의 동작을 나타내는 동작신호를 제공하는 컴포넌트 동작 모니터링 시스템;

상기 환자 포지셔너와 근접한 상기 방사선 치료 시설의 적어도 하나의 컴포넌트를 이미징하며, 치료 이전에 상기 환자에 대한 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 향을 나타내는 치료 이미지를 생성하는 모니터링 시스템; 및

상기 환자에게로의 입자 전달을 제어하는 제어 시스템을 포함하되, 상기 제어 시스템은 수행될 치료를 나타내는 신호를 수신하고, 상기 신호는 상기 입자들이 상기 환자에게 전달될 때 상기 노즐의 요구되는 향을 포함하며, 상기 제어 시스템은 치료 이전에 상기 컴포넌트 동작 모니터링 시스템으로부터의 동작신호 및 상기 치료 이미지를 더 수신하고 상기 제어 시스템은 상기 동작 신호 및 상기 치료 이미지를 분석하여 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 실제 향을 판단하며, 상기 제어 시스템은 치료 이전에 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기 실제 향을 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 요구되는 향과 비교하며, 상기 실제 향이 상기 요구되는 향에 상응하는 사전 판단된 기준에 부합하지 않는 경우 상기 제어 시스템은 상기 환자 포지셔너를 6차원으로까지(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축을 따라 최고 6개축까지) 이동시켜 상기 입자의 전달 중에 상기 실제 향이 상기 요구되는 향에 보다 밀접히 상응하도록 상기 환자 포지셔너에 신호를 보내는 배치 시스템.

청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 환자 포지셔너는

상기 환자의 치료받을 부분을 실질적으로 움직일 수 없는 향으로 유지하는 환자고정장치; 및

상기 환자고정장치에 연계되며, 상기 제어 시스템으로부터의 신호에 대응하여 상기 환자고정장치를 6차원으로(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축을 따라) 이동시키고 그로 인해 입자 전달 중에 상기 요구되는 향에 보다 밀접히 상응하는 실제 향으로 상기 환자를 이동시키는 이동 메커니즘을 포함하는 배치 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 환자고정장치는 상기 환자가 배치되는 환자 포드를 포함하되, 상기 환자 포드에는 상기 환자가 상기 환자 포드를 기준으로 실질적으로 움직일 수 없는 향으로 수용되는 배치 시스템.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 이동 메커니즘은 상기 환자 포드(pod)에 결합되어 세 개의 직교하는 상기 병진축 및 세 개의 상기 회전축에 대해 상기 환자 포드의 병진 및 회전 이동을 가능하게 하는 로봇 어셈블리를 포함하는 배치 시스템.

청구항 30

제 26 항에 있어서,

상기 모니터링 시스템은 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기 실제 향을 판단하기 위해 상기 방사선 치료 시

설의 상기 적어도 하나의 컴포넌트를 시각적으로 이미징하는 적어도 하나의 이미징 장치를 포함하는 배치 시스템.

청구항 31

제 30 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 이미징 장치는 상기 방사선 치료 시설의 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 시각적 이미지를 포착하는 복수의 카메라를 포함하되, 상기 복수의 카메라는 세 개의 직교 축에 대해 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기 실제 향을 판단할 수 있는 위치에 구비되는 배치 시스템.

청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 복수의 카메라는, 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기 실제 향을 판단하기 위해 상기 적어도 하나의 컴포넌트와 연관된 모뉴먼트(monument)의 삼차원 위치를 파악할 수 있도록 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 시각적 이미지를 포착하는 배치 시스템.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 컴포넌트에 결합된 적어도 하나의 외부 마커를 더 포함하되, 상기 적어도 하나의 외부 마커는 상기 적어도 하나의 컴포넌트와 연관된 상기 모뉴먼트를 포함하는 배치 시스템.

청구항 34

제 26 항에 있어서,

상기 모니터링 시스템은 상기 노즐을 포함하는 복수의 컴포넌트를 이미징하고, 상기 제어 시스템은 상기 복수의 컴포넌트가 상기 요구되는 향의 상기 사전 판단된 기준 내에 위치하도록 상기 환자 포지셔너를 조정하는 배치 시스템.

청구항 35

제 26 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 모니터링 시스템의 시야 내에 고정된 기준점을 정의하고 상기 실제 향 및 상기 요구되는 향을 상기 기준점에 대해 판단하는 배치 시스템.

청구항 36

제 35 항에 있어서,

상기 모니터링 시스템은 상기 환자 포지셔너를 더 이미징하며, 상기 제어 시스템은 상기 환자 포지셔너의 향을 나타내는 신호를 수신하고 상기 신호를 사용하여 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기 실제 및 요구되는 향을 판단하는 배치 시스템.

청구항 37

제 26 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 상기 시스템 내 상기 컴포넌트의 움직임을 나타내는 신호를 상기 방사선 치료 시설로부터 수신하도록 구성되어 있으며, 상기 제어 시스템은 상기 신호를 사용하여 상기 적어도 하나의 컴포넌트의 상기

실제 및 요구되는 향을 판단하는 배치 시스템.

청구항 38

고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들을 구비하는 방사선 테라피 전달 시스템에 있어서,
 갠트리;

실질적으로 움직일 수 없는 환자를 고정하도록 설정되는 환자 포드;

상기 갠트리 내의 3 개의 병진축 및 3 개의 회전축을 따라 상기 환자 포드를 배치하도록 상기 환자 포드와 상호연결되는 환자 포지셔너;

상기 갠트리에 상호연결되고 빔 축을 따라 테라피용 방사선을 선택적으로 전달하는 방사선 테라피 노즐;

적어도 상기 환자 포드 및 상기 노즐의 위치 측정치를 획득하는 복수의 외부 측정장치; 및

적어도 상기 환자 포드 및 상기 노즐의 위치 측정치를 수신하여 상기 환자를 상기 빔 축에 대해 6차원으로(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축을 따라) 배치하려는 포즈로 배치하도록 하는 이동 명령과 상기 이동 명령에 근거하여 상기 테라피 전달 시스템의 다른 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들에 대해 상기 환자 포드의 상응하는 이동 궤도를 판단하고, 상기 6차원 이동 명령에 대해 충돌이 나타나는지 판단하며, 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 제어부를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 39

제 38 항에 있어서, 상기 외부 측정장치는 상기 위치 측정치를 획득하기 위해 적어도 상기 환자 포드 및 상기 노즐의 광학적 이미지를 획득하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 40

제 38 항에 있어서,

적어도 상기 환자 포드 및 상기 노즐에 구비되는 복수의 마커를 더 포함하되, 상기 외부 측정장치는 상기 마커의 위치 측정치를 획득하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 41

제 38 항에 있어서,

상기 갠트리 및 상기 환자 포지셔너 중 적어도 하나와 작동시 통신하는 적어도 하나의 로컬 위치 피드백 장치를 더 포함하되, 상기 적어도 하나의 로컬 위치 피드백 장치는 상기 갠트리 및 상기 환자 포지셔너 중 적어도 하나의 위치를 나타내는 위치 데이터를 상기 제어부에 제공하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 42

제 38 항에 있어서,

상기 환자의 이미지를 획득하기 위해 상기 빔 축 내로 이동 가능한 환자 이미징 시스템을 더 포함하고,

상기 환자 이미징 시스템은 상기 환자 이미징 시스템의 상기 방사선 빔에 대한 노출을 저감시키기 위해 상기 빔 축 외로 이동 가능하며,

상기 노즐에 대한 환자 타겟 아이소센터의 상대적 위치를 판단하는 것을 특징으로 하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 43

제 42 항에 있어서,

상기 시스템은 상기 환자를 초기 위치에 배치하고, 상기 환자를 이미징한 후, 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축) 보정 벡터 및 상응하는 이동 명령 및 궤도를 판단하여 상기 환자 포지셔너 및 상기 환자 타겟 아이소센터를 상기 노즐에 대해 배치하려는 포즈로 이동시키며, 상기 이동 궤도를 분석하여 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 44

제 38 항에 있어서,

위치 측정치의 획득 및 상기 환자 포지셔너로의 상기 이동 명령 공급은 반복적으로(iteratively) 이루어지는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 45

제 38 항에 있어서,

상기 노즐은 갠트리 아이소센터를 중심으로 회전 가능하도록 상기 갠트리와 상호연결되는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 46

제 45 항에 있어서,

상기 시스템은 상기 환자를 상기 빔 축에 대해 배치하려는 포즈에 배치하기 위해 상기 환자 포지셔너 및 상기 갠트리를 위한 이동 명령을 판단하고 상기 이동 명령에 근거하여 상응하는 이동 궤도를 상기 테라피 전달 시스템, 상기 갠트리, 및 상기 환자 포지셔너의 다른 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트 각각에 대해 판단하며, 상기 이동 명령에 대해 충돌이 나타나는지 판단하고 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 47

제 46 항에 있어서,

상기 시스템은 상기 배치하려는 포즈를 획득하는 속도를 증가시키기 위해 상기 이동 명령 및 상응하는 궤도가 상기 환자 포지셔너 및 상기 갠트리의 동시 이동을 위해 판단되도록 하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 48

제 38 항에 있어서, 상기 외부 측정장치는 상기 판단된 이동 궤도에 진입할 수 있는 물체를 모니터링하고 상기 물체와 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 49

고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들을 구비하고 빔 축을 따라 테라피용 방사선을 선택적으로 전달하는 방사선 테라피 시스템을 위한 경로 계획 및 충돌 방지 시스템에 있어서,

실질적으로 제자리에 고정된 환자를 지지하고 상기 환자를 3 개의 병진축 및 3 개의 회전축에서 제어 가능하게 배치하도록 설정되는 이동 가능한 환자 서포트;

상기 방사선 테라피 시스템의 위치 정보를 제공하기 위하여 상기 컴포넌트 및 상기 환자 서포트와 다른 외부 물체의 위치 측정치를 획득하도록 배열된 복수의 외부 측정 장치; 및

상기 복수의 외부 측정장치로부터 정보를 수신하고 상기 환자를 자동으로 정렬하려는 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축 상의) 포즈에 정렬시키도록 상기 이동 가능한 환자 서포트에 이동 명령을 공급하고 상응하는 이동 구획(movement envelope)을 판단하되, 상기 제어부는 상기 이동 구획을 분석하여 충돌이 나타날 경우 상기 환자 포지셔너의 이동을 억제하고 아닌 경우 이동을 시작하는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템.

청구항 50

제 49 항에 있어서,

상기 환자를 상기 정렬하려는 6차원(상기 3개의 병진축 및 3개의 회전축 상의) 포즈에 정렬시키는 것에는 상기 방사선 테라피 시스템이 테라피용 방사선 빔을 인가할 때 관통하는 빔 전달 조준점을 기준으로 상기 환자 서포트를 정렬시키는 것이 포함되는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템.

청구항 51

제 49 항에 있어서,

상기 환자의 이미지 및 타겟 아이소센터를 획득하기 위해 상기 빔 축 내외로 이동이 가능한 환자 이미저 시스템을 더 포함하되, 상기 경로 계획 및 충돌 방지 시스템은 상기 환자 이미저 및 상기 환자 서포트에 대해 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축 상의) 이동 명령 및 궤도를 판단하며 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템.

청구항 52

제 49 항에 있어서,

이동이 가능하도록 구성된 상기 복수의 컴포넌트의 특정 지점에 고정되는 복수의 마커를 더 포함하되, 상기 외부 측정장치는 상기 마커의 위치 측정치를 획득하는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템.

청구항 53

제 52 항에 있어서,

복수의 외부 측정장치들이 하나의 마커의 위치 측정치를 획득하여 상기 하나의 마커의 위치에 대하여 하나의 외부 측정장치에 비해 보다 정확한 측정치를 제공하는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템.

청구항 54

삭제

청구항 55

고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트를 구비한 시스템으로 테라피를 전달하기 위해 환자를 레지스터 및 배치하는 방법에 있어서,

6차원으로(3개의 병진축 및 3개의 회전축을 따라) 이동이 가능하며, 제어 가능한 환자 포지셔너에 의하여 환자를 초기 치료 포즈에 배치하는 단계;

상기 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트 및 적어도 하나의 이동 가능한 상기 컴포넌트의 이동 경로 내의 외부 물체의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하는 단계;

관찰된 상기 초기 치료 포즈와 요구되는 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축 상의) 환자 포즈 사이의 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축 상의) 차이 벡터를 판단하는 단계;

상기 환자 및 상기 시스템을 상기 요구되는 환자 포즈로 이동시키기 위해 상응하는 6차원(상기 3개의 병진축 및 상기 3개의 회전축 상의) 이동 명령 및 이동 궤도를 판단하는 단계; 및

상기 이동 궤도를 상기 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트 및 적어도 하나의 이동 가능한 상기 컴포넌트의 이동 경로 내의 상기 외부 물체의 상기 특정 지점의 상기 측정 위치와 비교하여 충돌이 나타날 경우 상기 환자 포지셔너의 이동을 억제하는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 56

제 55 항에 있어서,

상기 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하는 단계는 복수의 카메라를 사용하여 상기 컴포넌트의 광학적 이미지를 획득하는 것을 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 57

제 55 항에 있어서,

상기 차이 벡터는 제 1 기준계 내에서 판단되고, 상기 이동 명령을 판단하는 단계는 상기 제 1 기준계 내의 상기 차이 벡터를 상기 환자 포지셔너를 위한 제 2 기준계의 상응하는 이동 벡터로 변환시키는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 58

제 55 항에 있어서,

상기 환자의 방사선 이미지를 획득하고 적어도 부분적으로 상기 환자 이미지를 바탕으로 상기 차이 벡터를 판단하는 단계를 더 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 59

제 58 항에 있어서,

상기 방사선 이미지를 획득하는 단계는,

적어도 하나의 x-선 소스 및 적어도 하나의 x-선 이미지를 상기 환자가 그 사이에 위치하도록 배치하는 단계; 및

적어도 하나의 x-선 소스에 상기 환자 및 적어도 하나의 x-선 이미지를 노출시키는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 60

제 59 항에 있어서,

상기 환자 포지셔너 및 상기 적어도 하나의 x-선 소스 및 이미지에 대해 상응하는 이동 명령 및 이동 궤도를 판단하는 단계; 및

상기 이동 궤도를 상기 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트 및 적어도 상기 외부 물체의 상기 특정 지점의 상기 측정 위치와 비교하고 또한 상기 환자 포지셔너 및 상기 적어도 하나의 x-선 소스 및 이미지 사이를 비교하여 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 단계를 더 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 61

제 59 항에 있어서,

적어도 하나의 x-선 소스 및 적어도 하나의 x-선 이미지를 실질적으로 치료축을 따라 배치하는 단계를 더 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법.

청구항 62

환자 내의 사전 선택된 위치에 테라피를 전달하기 위한 시스템에 있어서,

6차원으로(3개의 병진축 및 3개의 회전축을 따라) 이동이 가능한 환자 포지셔너 및 노즐을 포함하는 복수의

이동 가능한 컴포넌트를 포함하고,

상기 복수의 이동 가능한 컴포넌트 및 상기 이동 가능한 컴포넌트에 근접하는 외부 물체의 물리적 위치를 모니터링하며 이를 나타내는 신호를 공급하는 외부 모니터링 시스템을 더 포함하며,

상기 복수의 이동 가능한 컴포넌트의 이동을 모니터링하며 이를 나타내는 신호를 공급하는 내부 모니터링 시스템을 더 포함하되,

상기 시스템은 상기 외부 및 내부 모니터링 시스템으로부터의 상기 신호를 모니터링하고, 상기 신호들이 컴포넌트 간 충돌이 발생할 가능성이 있는 것으로 나타내는 경우 상기 복수의 컴포넌트의 이동을 억제하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 63

제 62 항에 있어서,

상기 외부 모니터링 시스템은 상기 이동 가능한 컴포넌트의 독특한 모뉴먼트를 이미징하여 그 물리적 위치를 모니터링하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 64

제 63 항에 있어서,

상기 모뉴먼트는 상기 이동 가능한 컴포넌트의 특정 영역에 결합된 마커를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 65

제 63 항에 있어서,

상기 외부 모니터링 시스템은 상기 이동 가능한 컴포넌트의 광학적 이미지를 획득하는 복수의 카메라를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 66

삭제

청구항 67

제 62 항에 있어서,

상기 내부 모니터링 시스템은 상기 이동 가능한 컴포넌트와 작동시 통신하여 상기 이동 가능한 컴포넌트의 상기 측정 위치에 관한 정보를 공급하는 리졸버(resolver)를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 68

제 67 항에 있어서, 상기 리졸버는 회전 각도 인코더(rotary angle encoders)를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템.

청구항 69

제 62 항에 있어서,

상기 환자 포지셔너에 의해 지지되는 환자의 적어도 하나의 이미지를 획득하는 환자 이미저를 더 포함하되, 상기 시스템은 상기 적어도 하나의 환자 이미지를 분석하고, 요구되는 치료 포즈를 달성하도록 상기 환자 포

지셔너 및 상기 노즐을 서로에 대해 이동시키는 제어 신호를 공급하는 방사선 테라피 전달 시스템.

명세서

기술분야

[0001] [관련 출원 명세서]

[0002] 본 명세서는 모두 제목이 “정밀 환자 정렬 및 빔 테라피 시스템(Precision Patient Alignment and Beam Therapy System)” 으로 명명된 2003년 8월 12일자 미국 가출원 60/494,699 호 및 2004년 6월 10일자 미국 가출원 60/579,095 호의 우선권을 주장하며, 이들은 그 전체가 참조를 위해 여기에 포함된다.

[0003] [기술분야]

[0004] 본 발명은 방사선 테라피 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 특정 실시예가 외부 측정 시스템 및 국부적 위치 피드백을 포함하는 환자 배치 및 정렬 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 실시예들은 향상된 정밀도의 환자 레지스터(register) 및 배치를 가능하게 한다. 다른 실시예에서는 기계적 이동 공차(tolerances) 및 완전한 강체가 아닌 구조(non-strictly rigid structures) 등과 같은 인자들에 의한 부정합을 보상한다. 또 다른 실시예는 효율적인 이동 및 향상된 안전을 위해 능동적 경로 계획 및 충돌 방지를 제공한다.

배경 기술

[0005] 방사선 테라피(radiation therapy) 시스템은 매우 다양한 질환의 환자를 치료하는 데 사용되고 있다. 방사선 테라피는 일반적으로 암 조직과 같은 바라지 않는 조직을 죽이거나 그 성장을 억제하기 위해 사용된다. 소정량의 고에너지 전자기 방사선 및/또는 고에너지 입자가 바라지 않는 조직을 향하여 인가되는데, 바라지 않는 조직을 손상시키는 한편, 방사선이 바라지 않는 조직을 향해 지나는 경로에 있어 관통되는 바람직한(desired) 혹은 건강한 조직에 의도하지 않은 손상을 최소화하여야 한다.

[0006] 양성자 테라피(proton therapy)는 다양한 질환에 특히 유효한 치료법으로 등장하였다. 양성자 테라피에서는, 양 전하를 갖는 양성자 원자구성 입자들이 가속되고 고밀도 빔으로 집속되어 환자의 지정된 타겟 부위로 인가된다. 양성자들은 환자 조직과의 충돌시 전자기 방사선(electromagnetic radiation) 또는 저 질량 전자 대전 입자(low mass electron charged particles)에 비해 가로 확산이 적으며, 이로 인해 빔 축(beam axis)을 따라 더욱 정밀하게 조준 및 전달될 수 있다. 또한, 환자 조직과의 충돌시, 가속된 양성자들은 인접 조직을 관통할 때 상대적으로 낮은 에너지 전달을 수반하며, 이어서 가속된 질량의 운동 에너지의 큰 부분이 환자 내에 상대적으로 좁은 관통 깊이 범위 내에 작용하는 브래그 피크(Bragg peak) 특유의 특성을 나타낸다. 이것은 타겟 부위 및 양성자 테라피 기기의 인가 노즐 사이에 위치한 건강한 조직과 또한 지정된 타겟 부위 너머서의(downrange) 조직에 가속된 양성자 입자로부터 인가되는 에너지를 저감시킬 수 있다는 장점을 제공한다. 특정 환자의 증상 및 병세에 따라, 테라피를 위한 양성자 빔이 복수의 방향에서 복수의 치료 분할량으로 인가되도록 하여 타겟 부위에서 총 조사량을 달성하면서도 그 사이의 바람직한/건강한 조직의 부차적인 노출을 저감시키도록 할 수 있다.

[0007] 따라서 양성자 빔 테라피 시스템과 같은 방사선 테라피 시스템은 통상적으로 양성자 빔에 대하여 환자를 복수의 방향으로 배치 및 정렬시키는 수단을 구비한다. 환자 내에서 양성자 빔의 바람직한 조준점을 판단하기 위한 통상적인 절차는 초기 계획 또는 처방 단계에서 컴퓨터 단층(computed tomography: CT) 스캔을 수행하는 것인데, 이 과정으로 복수의 디지털적으로 재구성된 방사선 사진(digitally reconstructed radiographs: DRR)을 확인할 수 있다. DRR은 CT 스캔으로부터 획득한 환자의 내부 생리 구조를 나타내는 삼차원 데이터를 복수의 향에서 본 이차원 영상으로써 종합적으로 나타내고, 따라서 조사할 조직의 타겟 이미지로서의 역할이 가능하다. 테라피가 제공될 조직에 해당하는 바람직한 타겟 아이소센터(target isocenter)가 지정된다. 타겟 아이소센터의 공간적 위치는 타겟 이미지에 나타나 있는 환자의 생리 구조(모뉴먼트(monuments))를 참조하여 확인할 수 있다.

[0008] 방사선 테라피 인가를 위한 이어지는 준비가 완료된 후, 환자의 방사선 이미지, 예를 들면 X-선 이미지가 촬

영되고, 이 방사선 이미지가 지정된 타겟 아이소센터에 관하여 타겟 이미지와 비교 또는 레지스터될 수 있다. 의사의 처방에 나타난 바에 따라 바람직한 포즈에서 타겟 아이소센터가 방사선 빔과 가능한 한 밀접하게 혹은 소정의 공차 내에서 정렬되도록 환자의 위치는 조절된다. 바람직한 포즈는 흔히 초기 계획 또는 처방 촬영시의 포즈로 선택된다.

[0009] 원하는 테라피 효과를 달성하고 다른 조직에 바라지 않는 조사를 감소시키기 위하여 바람직한 타겟 아이소센터에 대한 방사선 빔의 부정합을 저감시키기 위해서는, 빔 노즐(beam nozzle)에 대한 환자 배치의 정밀도가 중요함을 이해할 것이다. 특히, 타겟 아이소센터는 인가되는 빔 축과 일치하도록 병진 배치되고 또한 환자를 회전 측면에서 바람직한 포즈에 배치하기 위해 올바른 각도 위치에 배치된다. 특히, 브래그 피크의 공간적 위치가 인가되는 양성자 빔의 에너지와 빔이 관통하는 조직의 깊이 및 구성 모두에 의존하므로, 병진적으로 정렬되어 있더라도 타겟 아이소센터 주위로 환자를 회전시키는 것에 따라 초기 충돌 지점과 환자 체내에 위치한 타겟 아이소센터 사이 조직의 깊이 및 구성이 달라질 수 있으며, 따라서 관통 깊이가 달라질 수 있음을 이해할 것이다.

[0010] 레지스터 및 배치에 있어서의 또 다른 어려움은, 방사선 테라피 요법이 통상적으로 일정 기간동안 여러 번에 걸친 개별 치료 세션으로, 예를 들면 수 주간에 걸쳐 매일 치료를 받는 방식으로 진행된다는 것이다. 따라서 환자 및 아이소센터의 정렬 및 빔에 대해 환자를 바람직한 포즈로 배치하는 과정은 보통 반복하여 판단되며 수 일 혹은 수 주에 걸쳐 복수의 횟수로 실행된다.

[0011] 이와 같이 방사선 치료 장치에 대해 환자를 정밀하게 배치하는 데에는 여러 가지 어려움이 있다. 전술된 바와 같이, 환자 레지스터는 방사선 테라피 전달 장소에서 현재 치료 세션에 환자의 방사선 이미지를 획득하고 이와 같이 획득한 이미지를 환자를 위한 특정 치료 처방을 나타내는 기존 DRR 또는 타겟 이미지와 비교함으로써 이루어진다. 환자가 방사선 테라피 장치 내에서 분리 및 재배치되었을 것이므로, 치료 세션마다 동일한 위치 및 포즈가 정확히 반복되지는 않을 것이며, 또한 타겟 이미지 생성시의 위치 및 포즈, 예를 들면 본래의 CT 촬영이 DRR을 생성한 향으로도 반복되지 않을 것이다. 따라서 각 치료 세션/분할량은, 환자를 바람직한 위치 및 포즈에 배치하기 위해, 부차적으로 획득한 방사선 이미지를 적절한 상응하는 DRR과 정밀하게 대응시킴으로써 보정용 병진 및/또는 회전 벡터 판단을 용이하게 하는 것이 통상적으로 관련된다.

[0012] 이러한 작업이 제시하는 측정 및 연산적 어려움에 더해, 신속하고 정확한 실행에 대한 요구가 더 있다. 특히, 방사선 테라피 장치는 제조 및 관리하는 데 비용이 많이 소요되는 의료 기구인데, 제조에 필요한 재료 및 도구와 또한 장치의 작동 및 관리에 필요한 비교적 고도로 훈련된 인력 때문이다. 더욱이 양성자 테라피와 같은 방사선 테라피는 다양한 환자 질환에 효과적인 것으로 계속 밝혀지고 있으며, 따라서 이 유익한 치료법의 이용을 더 많은 환자에게 가능하게 하고, 이 치료에 대해 비용을 지불하는 환자 또는 보험회사에게 최종가격을 저감시키며, 또한 테라피 제공자들의 수익을 증대시키기 위해, 환자 처리량을 증가시키는 것이 바람직하다. 환자가 올바르게 배치된 후의 실질적인 방사선 조사는 상대적으로 신속한 과정이므로, 테라피 장치로 환자가 들어가는 및 나가는 과정, 이미징(imaging), 및 환자 배치 및 레지스터에 있어서의 추가적 시간 지연은 전체 환자 처리량을 떨어뜨리며, 따라서 시스템의 이용 가능성, 비용, 및 수익성 측면에서도 불리하다.

[0013] 환자와 또한 그에 상응하는 타겟 아이소센터를 빔 노즐에 대해 바람직한 위치 및 포즈에 정확하게 배치하는 데 또 다른 문제는 방사선 테라피 시스템의 다양한 컴포넌트(component)의 정확한 위치 및 상대적 각도에 있어서의 복수의 추가적인 불확실성이다. 예를 들어, 빔 노즐이 상대적으로 견고한 갠트리(gantry) 구조에 실장되어 빔 노즐이 갠트리 중심 주위로 회전하도록 하여 환자가 불편하거나 부자유스러운 포즈에 있을 것을 요구하지 않으면서 환자에 대해 다양한 각도에서 용이하게 방사선 빔을 전달하도록 할 수 있다. 그러나 갠트리 구조가 상대적으로 크고(수 미터의 규모), 육중하며, 완전한 강체가 아닌(non-strictly rigid) 재료로 구성되므로, 노즐이 갠트리를 중심으로 회전하면서 어느 정도의 구조적 구부러짐/비틀림 및 비반복적(non-repeatable) 기계적 공차(mechanical tolerance)가 불가피하다. 더 나아가, 노즐 역시 완전한 강체가 아닌, 기다랗게 분포된 질량체로 구성되어 노즐 끝부분의 방사 단부가 어느 정도 구부러질 수 있는데, 예를 들어, 노즐이 수직 상방의 위치에서 수평 가로의 빔 조사 위치로 움직이면서 그러할 수 있다. 정밀한 노즐 위치의 정확한 파악은 갠트리에 대한 나선형 회전(cork screwing)에 의해서도 복잡해질 수 있다.

[0014] 마찬가지로, 환자는 지지를 위한 포드(pod) 또는 테이블에 위치할 수 있고, 이것이 환자 배치 장치에 연결될 수 있는데, 두 가지 모두 중력 하중 하에서 어느 정도의 기계적 구부러짐에 노출되며, 또한 움직이는 조인트에서 가능한 환자의 포즈 범위 내에서 항상 일정하지 않을 수 있는 기계적 공차에 노출될 수 있다. 이러한 변수들의 일부는 예측 및 측정하는 것이 가능하지만, 이들이 통상적으로 가변성이고 비반복적이므로, 복수의 치료 세션에 걸쳐 위치 및 포즈 측면 모두에서 환자를 반복적으로 일정하게 배치하고 밀리미터 이하의 정확도와

같은 엄격한 정확도 한계를 예측하여 제시하는 것은 큰 도전이 된다. 따라서 갠트리 및 환자 테이블 부정합에 대처하는 데 알려진 방법은 치료 전에 환자를 리레지스터(re-register)시키는 것이다. 이것은 환자가 이미징을 위해 추가적 x-선 방사능에 노출되고, 리레지스터에 따른 추가적 시간 지연에 의해 전체 환자 처리량이 감소되므로 불리하다.

[0015] 방사선 테라피 시스템에서 이동이 가능한 컴포넌트 또한 매우 크고 육중한 경향이 있어, 다양한 컴포넌트의 이동에 구동력에 필요함을 나타낸다. 컴포넌트들이 이동 중에 상당한 관성을 가지는 경향이 있고 통상적으로 구동력에 의해 이동되므로, 손상 및 부상을 억제하기 위한 안전 시스템이 제공될 수 있다. 안전 시스템은 콘택트 스위치(contact switches)들을 기본으로 하는 파워 인터럽트(power interrupts)를 포함할 수 있다. 콘택트 스위치들은 모션 리미트(motion limits)의 모션 스탱 범위(motion stop range)에서 작동되어 구동 모터에 전원을 차단한다. 설정 범위 너머서의 이동을 물리적으로 방해하는 하드 모션 스탱(hard motion stops) 혹은 리미터(limiters)가 사용될 수도 있다. 그러나 콘택트 스위치 및 하드 스탱은 해당 컴포넌트가 모션 리미트에 도달할 때 작동하며, 따라서 상대적으로 급격한 모션 정지(motion stop)를 초래하여 기기의 마모를 증가시키며 심한 경우 손상을 초래할 수 있다. 더 나아가, 특히 복수의 움직이는 컴포넌트와 관련된 애플리케이션에서는, 콘택트 스위치 및/또는 하드 리미터의 모션 스탱 배치에서 복수의 컴포넌트 사이의 충돌을 억제하는 과정은 상당히 복잡성을 수반하며, 충돌 방지를 단순화하기 위해 컴포넌트의 작동을 한 번에 하나씩 움직이는 것으로 제한하는 경우 전체 시스템 작동의 비능률을 초래한다.

[0016] 상기한 문제점들로부터, 환자 레지스터 프로세스의 정확도 및 속도 증가가 필요함을 이해할 것이다. 또한, 바람직한 포즈를 달성하기 위해 환자를 반복적으로(iteratively) 이미징 및 재배치하는 과정을 감소시킬 필요가 있다. 또한, 가변성 및 예측할 수 없는 위치 오차(errors)를 고려하여 방사선 테라피 전달 시스템에 있어서 환자의 레지스터 및 정렬에서 정확도를 증가시키는 시스템에 대한 필요가 있다. 또한, 방사선 테라피 전달 시스템의 여러 움직이는 컴포넌트를 배치하는 중에 작동 안전 및 손상 방지를 유지하기 위한 충돌 방지 시스템을 제공할 필요가 있다. 또한, 환자 레지스터의 정확도 및 속도를 유지하기 위해 이동을 효율적으로 실행시키고자 하는 요구가 있다.

발명의 상세한 설명

[0017] 상기와 같은 필요를 충족하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 정렬 시스템은 환자와 인가되는 테라피용 방사선 빔 사이의 계획된(nominal) 위치 및 향으로부터의 변이 또는 편차를 외부적으로 측정하고 그에 대한 보정성 피드백을 제공한다. 본 실시예는 방사선 테라피 시스템의 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들에서 가변성이고 예측 불가능한 기계적 공차 및 구조적 구부러짐을 용이하게 수용할 수 있다. 본 실시예는 치료 분할량 사이에 환자를 이미징할 필요를 감소시키며, 레지스터 과정의 시간 지연을 단축시켜 환자 처리량을 증가시킨다. 다른 실시예에는 효율적인 이동 절차를 판단하며 기기 및 사람 사이의 충돌을 능동적으로 방지하기 위해 이동을 코디네이트시키는(coordinate) 능동적 경로 계획 시스템이 포함된다.

[0018] 다른 실시예에는 갠트리(gantry), 환자를 고정하도록 설정되는 환자고정장치, 환자고정장치를 갠트리 내의 병진축 및 회전축을 따라 배치하기 위해 환자고정장치와 상호연결된 환자 포지셔너(positioner), 갠트리에 상호 연결되고 빔 축(beam axis)을 따라 선택적으로 방사선 테라피를 전달하는 방사선 테라피 노즐, 적어도 환자고정장치 및 노즐의 위치 측정치를 획득하는 복수의 외부 측정장치, 및 적어도 환자고정장치 및 노즐의 위치 측정치를 수신하여 환자를 빔 축에 대해 바람직한 향으로 배치하도록 환자 포지셔너에 제어신호를 전달하는 제어부를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템이 포함된다.

[0019] 또 다른 실시예에는 이동하도록 구성된 복수의 컴포넌트를 구비한 방사선 테라피 시스템을 위한 환자 배치 시스템에 있어서, 위치 정보를 전달하기 위해 복수의 컴포넌트의 위치 측정치를 획득하도록 배열된 복수의 외부 측정장치, 실질적으로 제자리에 고정된 환자를 지지하고 환자를 복수의 병진축 및 회전축에서 제어 가능하게 배치하도록 설정되는 이동 가능한 환자 서포트(support), 및 복수의 외부 측정장치로부터 정보를 수신하고 환자를 바람직한 포즈에 정렬시키도록 이동 가능한 환자 서포트에 이동 명령을 공급하여 배치 시스템이 복수의 컴포넌트의 이동에 대해 보상하도록 하는 제어부를 포함하는 환자 배치 시스템이 포함된다.

[0020] 또 다른 실시예에는 이동이 가능하도록 구성된 복수의 컴포넌트를 구비한 시스템으로 테라피를 전달하기 위해 환자를 레지스터 및 배치하는 방법에 있어서, 제어 가능한 환자 포지셔너에 의하여 환자를 초기 치료 포즈에 배치하는 단계, 복수의 컴포넌트의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하는 단계, 관찰된 초기 환자 포즈와

바람직한 환자 포즈 사이의 차이 벡터를 판단하는 단계, 및 환자를 바람직한 환자 포즈로 이동시키기 위한 이동 명령을 환자 포지셔너에 공급하는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법이 포함된다.

[0021] 또 다른 실시예에는 방사선 치료 시설과 함께 사용되되, 방사선 치료 시설은 입자 소스(source)와 입자들이 조사되는 노즐을 포함하는 복수의 컴포넌트를 구비하고, 복수의 상이한 경로를 통해 환자의 특정 부위로 입자들이 용이하게 전달되게 하기 위하여 노즐이 환자에 대해 이동 가능한 배치 시스템에 있어서, 환자를 수용하며 환자의 특정 부위로 입자들이 용이하게 전달되게 하기 위하여 노즐에 대해 환자의 향을 조절하도록 이동이 가능한 환자 포지셔너, 환자 포지셔너와 근접한 방사선 치료 시설의 적어도 하나의 컴포넌트를 이미징하며 치료 이전에 환자에 대한 적어도 하나의 컴포넌트의 향을 나타내는 치료 이미지를 생성하는 모니터링 시스템, 및 환자에게로의 입자 전달을 제어하는 제어 시스템을 포함하되, 제어 시스템은 수행될 치료를 나타내는 신호를 수신하고, 신호는 입자들이 환자에게 전달될 때 적어도 하나의 컴포넌트의 바람직한 향을 포함하며, 제어 시스템은 치료 이전에 치료 이미지를 더 수신하고 제어 시스템은 치료 이미지를 평가하여 적어도 하나의 컴포넌트의 실제 향을 판단하며, 제어 시스템은 치료 이전에 적어도 하나의 컴포넌트의 실제 향을 적어도 하나의 컴포넌트의 바람직한 향과 비교하며, 실제 향이 바람직한 향에 상응하는 사전 판단된 기준에 부합하지 않는 경우 제어 시스템은 환자 포지셔너를 이동시켜 입자의 전달 중에 실제 향이 바람직한 향에 보다 밀접히 상응하도록 환자 포지셔너에 신호를 보내는 배치 시스템이 포함된다.

[0022] 또 다른 실시예에는 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들을 구비하는 방사선 테라피 전달 시스템에 있어서, 갠트리, 실질적으로 움직일 수 없는 환자를 고정하도록 설정되는 환자 포드, 갠트리 내의 복수의 병진축 및 회전축을 따라 환자 포드를 배치하도록 환자 포드와 상호연결되는 환자 포지셔너, 갠트리에 상호연결되고 빔 축을 따라 방사선 테라피를 선택적으로 전달하는 방사선 테라피 노즐, 적어도 환자 포드 및 노즐의 위치 측정치를 획득하는 복수의 외부 측정장치, 및 적어도 환자 포드 및 노즐의 위치 측정치를 수신하여 환자를 빔 축에 대해 바람직한 포즈로 배치하도록 하는 이동 명령과 이동 명령에 근거하여 테라피 전달 시스템의 다른 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들에 대해 환자 포드의 상응하는 이동 궤도를 판단하고, 이동 명령에 대해 충돌이 나타나는지 판단하며, 충돌이 나타날 경우 이동을 억제하는 제어부를 포함하는 방사선 테라피 전달 시스템이 포함된다..

[0023] 일부 실시예에는 또한 고정된 및 이동 가능한 컴포넌트들을 구비하고 빔 축을 따라 방사선 테라피 빔을 선택적으로 전달하는 방사선 테라피 시스템을 위한 경로 계획 및 충돌 방지 시스템에 있어서, 위치 정보를 전달하기 위해 컴포넌트의 위치 측정치를 획득하도록 배열된 복수의 외부 측정장치, 실질적으로 제자리에 고정된 환자를 지지하고 환자를 복수의 병진축 및 회전축에서 제어 가능하게 배치하도록 설정되는 이동 가능한 환자 서포트, 및 복수의 외부 측정장치로부터 정보를 수신하고 환자를 자동으로 바람직한 포즈에 정렬시키도록 이동 가능한 환자 서포트에 이동 명령을 공급하고 상응하는 이동 구획(movement envelope)을 판단하되, 제어부는 이동 구획을 평가하여 충돌이 나타날 경우 환자 포지셔너의 이동을 억제하고 아닌 경우 이동을 시작하는 경로 계획 및 충돌 방지 시스템이 포함된다.

[0024] 또 다른 실시예에는 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트를 구비한 시스템으로 테라피를 전달하기 위해 환자를 레지스터 및 배치하는 방법에 있어서, 제어 가능한 환자 포지셔너에 의하여 환자를 초기 치료 포즈에 배치하는 단계, 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트의 특정 지점의 위치를 외부적으로 측정하는 단계, 관찰된 초기 환자 포즈와 바람직한 환자 포즈 사이의 차이 벡터를 판단하는 단계, 환자를 바람직한 환자 포즈로 이동시키기 위해 상응하는 이동 명령 및 이동 궤도를 판단하는 단계, 및 이동 궤도를 고정된 및 적어도 하나의 이동 가능한 컴포넌트의 특정 지점의 측정 위치와 비교하여 충돌이 나타날 경우 환자 포지셔너의 이동을 억제하는 단계를 포함하는 환자 레지스터 및 배치 방법이 포함된다.

[0025] 본 발명의 상기 목적 및 장점, 그리고 기타 목적 및 장점이 첨부된 도면을 참조하여 후술되는 설명으로부터 더욱 명백해질 것이다.

실시예

[0040] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조하여 설명하기로 하며, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면번호를 부여한다. 캘리포니아 로마 린다(Loma Linda)시(市)의 로마 린다 대학 의료센터(Loma Linda University Medical Center)에서 현재 사용되고 있고, 그 전체가 참조를 위해 인용되는 1989년 9월 26일의 미국특허 4,870,287에 기술된 것과 같은 양성자 테라피 시스템을 기

초로 하는 방사선 테라피 시스템(100)의 제 1 및 제 2 향(orientation)이 도 1A 및 1B에 도시되어 있다. 방사선 테라피 시스템(100)은 악성 종양 또는 기타 질환의 치료를 위해 환자에 대한 하나 이상의 각도 및 향에서 테라피용 방사선 조사량을 환자 내의 타겟 부위에 전달하도록 디자인되어 있다. 시스템(100)은 갠트리(102)를 포함하는데, 이는 방사선 테라피 시스템(100)의 다른 컴포넌트의 결합 및 지지를 위한 일반적으로 반구형 또는 절두원추형(frustoconical)인 서포트 프레임(support frame)을 포함한다. 갠트리(102)의 실시예들의 구조 및 작동에 대한 추가 세부사항은 각각 그 전체가 참조를 위해 인용되는 미국특허 4,917,344 및 미국특허 5,039,057에 나타나 있다.

[0041] 시스템(100)은 또한 갠트리(102)에 결합되고 지지되는 노즐(104)을 포함하여 갠트리(102) 및 노즐(104)은 갠트리 아이소센터(120)를 중심으로 비교적 정밀하게 회전할 수 있도록 구성되어 있지만, 나선형 회전(corkscrew), 처짐(sag), 및 계획된 값(nominal)으로부터의 기타 왜곡이 발생할 가능성이 있다. 시스템(100)은 또한 방사선 빔 축(140)을 따라, 가속 양성자 빔과 같은, 방사선 빔을 전달하는 방사선 소스(radiation source)(106)를 포함한다. 방사선 빔은 개구부(110)를 통과하며 모양지어지고, 이로써 전달축(142)을 따라 전달되는 테라피용 빔이 정의된다. 개구부(110)는 노즐(104)의 말단에 위치하며, 개구부(110)가 환자의 방사선 테라피를 위한 특정 처방을 위해 구체적으로 설정되는 것이 바람직할 수 있다. 일부 애플리케이션에서는 상이한 치료 분할량을 위해 복수의 개구부(110)가 구비될 수 있다.

[0042] 시스템(100)은 또한 하나 이상의 이미저(imagers)(112)를 포함하는데, 본 실시예에서 이는 갠트리(102)에 대해서도 2A에 도시된 확장된(extended) 위치 및 도 2B에 도시된 철수된(retracted) 위치 사이에서 철수가 가능하다. 일 실시예에서의 이미저(112)는 환자의 신체를 관통하여 입사하는 x-선 방사선 등으로부터 이미지 정보를 생성할 수 있는 시중의 고체 상태(solid-state) 비결정 실리콘(amorphous silicon) x-선 이미저를 포함한다. 이미저(112)를 철수 가능하게 하는 것은, 이미저(112)가 필요하지 않은 경우 방사선 소스(106)의 전달축(142)으로부터 이미저 스크린을 회수하여 갠트리(102) 봉입체(enclosure) 내에 추가의 여유공간 clearance)을 제공하는 것과, 또한 방사선 소스(106)의 유해할 수 있는 조사의 경로 외로 이미저(112)를 배치하여 이미저(112)에 차폐물(shielding)을 제공할 필요를 감소시키는 장점을 지닌다.

[0043] 시스템(100)은 또한 하나 이상의 x-선 소스 축(x-ray source axes)(144)을 따라 적절한 x-선 방사선을 선택적으로 조사하여 그 사이에 배치된 환자 조직을 관통하고 이미저(112)를 통해 그 사이에 배치된 재료의 방사선 이미지를 생성하도록 하는 상응하는 하나 이상의 x-선 소스(130)를 포함한다. 이미징을 위해 x-선 소스(130)에, 그리고 테라피를 위해 방사선 소스(106)에 바람직하게 사용되는 특정 에너지, 조사량, 조사시간, 및 기타 노출 파라미터는 애플리케이션마다 다양할 것이며, 당업계에서 통상의 지식을 가진 자는 이를 용이하게 이해할 것이다.

[0044] 본 실시예에서, 적어도 하나의 x-선 소스(130)는 x-선 소스 축(144)이 전달축(142)과 계획상으로 일치하도록 배치될 수 있다. 본 실시예는 치료의 관점과 계획상으로 동일한 관점에서 레지스터를 위한 환자 이미지를 생성할 수 있다는 장점을 제시한다. 또한, 본 실시예는 제 1 이미저(112)와 x-선 소스(130)의 쌍과 제 2 이미저(112)와 x-선 소스(130)의 쌍이 실질적으로 서로 직교한다는 측면을 포함한다. 본 실시예는 이하 더욱 상세히 설명되는 바와 같이, 환자 이미지를 두 개의 직교하는 관점에서 획득하여 레지스터 정확도를 증가시킬 수 있다는 장점을 제공한다. 이미징 시스템은 그 전체가 참조를 위해 인용되는 미국특허 5,825,845 및 5,117, 829에 기술된 시스템과 유사할 수 있다.

[0045] 시스템(100)은 또한 환자 포지셔너(114)(도 3 참조) 및 환자 포지셔너(114)의 말단부 혹은 작업 단부에 결합된 환자 포드(116)를 포함한다. 환자 포지셔너(114)는 적절한 이동 명령을 수신할 때 환자 포드(116)를 복수의 병진축 및 회전축에 배치하도록 구성되어 있고, 바람직하게는 환자 포드(116)를 세 개의 직교하는 병진축과 세 개의 직교하는 회전축에 배치하여 환자 포드(116) 배치를 온전한 6 자유도 운동으로 제공할 수 있다.

[0046] 환자 포드(116)는 환자 포드(116)에 환자를 고정하여 환자 포드(116)를 기준으로 어떠한 상대적 이동도 실질적으로 억제하도록 설정되어 있다. 다양한 실시예에서, 환자 포드(116)는 고정용 장치 및/또는 재료로서 팽창 가능한 폼(expandable foam), 바이트 블록(bite blocks), 및/또는 고정 안면 마스크(fitted facemasks)를 포함할 수 있다. 환자 포드(116)는 또한 치료 분할량이 환자 포드(116)의 모서리 또는 전환 부위에 전달되는 것으로 나타나는 경우 발생하는 문제점을 감소시키도록 설정되는 것이 바람직하다. 환자 포지셔너(114) 및 환자 포드(116)의 실시예에 대한 추가 세부사항은 본 명세서와 동시에 출원되며 그 전체가 참조를 위해 인용되는 “모듈러 환자 서포트 시스템(Modular Patient Support System)” 제목의 명세서(일련번호 미상, 대리인 명부 번호 LOMARRL.128VPC)에 기술되어 있다.

- [0047] 전술된 바와 같이, 시스템(100)의 일부 애플리케이션에서는, 환자 포트(116) 및 환자 포지셔너(114)에 의해 지지되는 환자 내의 타겟 조직에 대해 방사선 소스(106)에서 공급되는 테라피용 빔 전달축(142)의 정확한 상대 배치 및 향 설정이, 양성자 빔 테라피 시스템을 포함하는 경우에서와 같이, 시스템(100)의 중요한 목표이다. 그러나 전술된 바와 같이, 갠트리(102), 노즐(104), 방사선 소스(106), 이미지(112), 환자 포지셔너(114), 환자 포트(116), 및 x-선 소스(130) 등 시스템(100)의 다양한 컴포넌트는 계획된 위치 및 향으로부터 일정량의 구조적 구부러짐 및 이동 공차가 수반되어 환자에게로의 정확한 빔 전달에 영향을 미칠 수 있다.
- [0048] 도 1A 및 1B는 시스템(100)의 일부 컴포넌트와 관련한 다른 구성을 도시하며, 시스템(100) 내에서 발생할 수 있는 계획된 값(nominal)으로부터의 병진 및 회전 편차를 점선 화살표로 나타낸다. 예를 들어, 도 1A에 도시된 실시예에서는, 노즐(104) 및 제 1 이미지(112)가 실질적으로 수평으로 연장되며, 특히 각각의 말단에서 중력에 의한 구부러짐에 노출된다. 제 2 이미지(112)는 실질적으로 수직으로 배치되어 있어 제 1 이미지(112)의 수평 구부러짐에 노출되지 않는다. 도 1B는 도 1A의 향으로부터 반시계 향으로 약 45° 회전된 다른 배치의 시스템(100)을 도시한다. 이 향에서, 두 이미지(112)와 노즐(104)은 중력 하의 구부러짐에 노출되지만, 도 1A에 도시된 향에 비해 그 정도가 다르다. 도 1A 및 1B에 도시된 것과 같은 다른 향 사이의 갠트리(102)의 이동 또한 시스템(100)의 컴포넌트들을 이동 표면에서 기계적 공차에 노출시킨다. 계획된 값으로부터의 이러한 편차가 적어도 부분적으로는 예측이 불가능하고, 비반복적이고, 누적적(additive)이므로, 예측에 의하여 이러한 편차를 보정하는 것은 매우 큰 도전이 되고 전체적인 정렬 정확도를 제한한다. 시스템의 계획된 향에 대한 이러한 편차는 단지 예시를 위한 것이며, 본 명세서에 개시되는 시스템에서 수많은 종류의 오차 원인 중 어떠한 것을 고려하는 것도 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않음을 이해할 것이다.
- [0049] 도 4A 내지 4E는, 예를 들어 노즐(104)과 아이소센터(120)의 환자의 타겟 조직 등을 정렬하는 절차에서 발생할 수 있는 가능한 불확실성 또는 오차의 예를 더욱 상세하게 예시한다. 도 4A 내지 4E는 특정 거리 및 위치를 기준으로 이러한 불확실 또는 오차의 원인을 예시한다. 설명되는 오차 원인은 설명되는 실시예들의 시스템(100)이 고려하는 오차의 종류에 대해 단지 예시적으로 설명될 뿐이며, 설명되는 시스템(100)은 추가적인 오차를 고려할 수 있음을 이해할 것이다. 본 실시예에서, SAD 거리는 방사선 소스(106)로부터 이상적으로 아이소센터(120)를 통과하는 갠트리의 회전축까지의 소스-축 거리(source to axis distance)로 정의된다. 설명을 간단히 하고, 상대적 규모 및 거리를 표현하기 위해, 본 실시예에서는 SAD가 약 2.3 미터이다.
- [0050] 도 4A는 가능한 에러의 원인 중 하나로서, 방사선 소스(106)의 실제 위치가 추정된 혹은 계획된 위치로부터 벗어나는(offset) 소스 오차(source error)를 도시한다. 본 실시예에서, 방사선 소스(106)에서 공급되는 테라피용 방사선 빔은, 빔을 중앙에 맞추는 두 개의 투과 이온 챔버(TIC: transmission ion chambers)를 통과한다. 이들은 TIC 1 및 TIC 3으로 표기되며, 이들은 또한 노즐(104)에 고정되어 있다. 소스 오차는 수많은 원인에 의해 발생할 수 있는데, 여기에는 TIC 1 및/또는 TIC 3에서의 빔 이동, 실제 갠트리(102) 회전 각도의 오차, 및 갠트리(102) 회전 중의 “에깅(egging)” 혹은 원형 형상으로부터의 왜곡이 포함된다. 도 4A는 방사선 소스(106)의 실제 위치가 추정된 혹은 계획된 위치로부터 벗어나 있는 소스 오차를 도시하는데, SAD 거리를 거쳐 개구부(110)를 통과하는 방사선 빔의 전파는 아이소센터(120)에서 상응하는 오차를 생성한다.
- [0051] 도 4B는 TIC 위치 오차에 의한 가능한 오차를 도시하는데, TIC 1, 방사선 소스(106), 및 TIC 3가 계획된 갠트리 아이소센터(120)를 통과하는 이상적인 빔 축으로부터 벗어나 있다. 도 4A 및 4B에 도시되는 오차는 임의적이고 상관관계가 없는 것으로 가정되므로, 이들은 쿼드러처(quadrature) 방식으로 복합되어 개구부(110)의 계획된 중심을 통해 투사되어 아이소센터(120)에 투사되는 방사선 소스(106) 오차에 의한 총 오차 기여도(total error contribution)를 정립할 수 있다. 본 실시예에서, (이후 더욱 상세히 기술되는 바와 같이) 보정 조치가 사용되기 전의 방사선 소스 오차는 약 ±0.6 mm 내지 ±0.4 mm이다.
- [0052] 도 4C는 개구부(110)의 위치에 의한 오차 또는 불확실성을 도시한다. 방사선 소스(106)의 위치는 계획된 값으로 가정되지만, 노즐(104)의 공차 누적(tolerance stack-up), 휨(skew), 및 구부러짐(flex)과 또한 개구부(110) 자체의 제조 공차에 의해 오차 또는 불확실성이 도입된다. 여기에서도, 방사선 소스(106)로부터 SAD 거리를 거쳐 계획된 아이소센터(120)로 투사되는 중에, 추정되는 계획된 BDAP(빔 전달 조준점 ? beam delivery aiming point)와 실제 BDAP 사이에 BDAP 오차가 발생할 수 있다. 본 실시예에서, 개구부(110)의 오차에서 발생할 수 있는 이러한 BDAP 오차는 약 ±1.1 mm 내지 ±1.5 mm이다.
- [0053] 시스템(100)에서는 또한 도 4D 및 4E에 도시된 바와 같이 이미지(112) 및 x-선 소스(130) 배치의 오차가 발생할 수 있다. 도 4D는 상응하는 x-선 소스(130)의 위치가 계획된 값으로 가정될 때 이미지(112) 위치의 불확실성에 의한 오차를 도시한다. x-선 소스(130)로부터의 조사가 실질적으로 아이소센터(120)에 위치한 것으로 가정된 환자를 통과하여 이미지(112)에 도달할 때, 이 거리는 SAD 거리와 다를 수 있으며, 본 실시예에서는 약

2.2 미터이다. 이미지(112)의 실제 위치에 대한 오차 및 불확실성은 이미지(112)의 실제 위치의 가로 이동, 상응하는 x-선 소스(130)에 대한 이미지(112)의 축 이동에 의한 오차, 및 이미지(112)에서 획득한 이미지를 DRR에 레지스터시키는 중의 오차에서 발생할 수 있다. 본 실시예에서, 보정 조치가 사용되기 전의 각 이미지(112)에 의한 오차는 약 ± 0.7 mm이다.

[0054] 마찬가지로, 도 4E는 상응하는 이미지(112)의 위치가 계획된 값으로 가정될 때 x-선 소스(130) 배치의 불확실성에 의한 오차를 도시한다. x-선 소스(130)에 의한 가능한 오차에는 x-선 소스(130)의 초기 정렬에 의한 오차, x-선 소스(130)가 빔 선의 내외로 이동하면서 발생하는 오차, 및 TIC 1 및 TIC 3의 처짐(sag) 및 상대적 거리의 해석에서 발생하는 오차가 포함된다. 이러한 오차 역시 상관관계가 없거나 혹은 독립적인 것으로 가정되며 따라서 쿼드러처(quadrature) 방식으로 복합되며, 본 실시예에서는 각 x-선 소스(130)에 의한 오차가 약 ± 0.7 mm이다.

[0055] 이러한 오차가 임의적이고 독립적이며 상관관계가 없어 잠재적으로 복합이 가능하므로, 본 실시예에서 시스템(100)은 또한 이러한 오차를 평가하고 용이하게 보상하기 위한 복수의 외부 측정장치(124)를 포함한다. 일 실시예에서, 시스템(100)은 또한, 도 2A, 2B, 6, 및 7에서와 같이, 외부 측정장치(124)와 연동하는 마커(markers)(122) 등의 모뉴먼트(monuments)를 포함한다. 외부 측정장치(124)는 모뉴먼트와, 여기에서 “월드(world)” (132)라고도 표현되는 하나 이상의 고정된 랜드마크(landmark)(132)에 의해 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트의 공간 내의 삼차원 위치에 대한 측정치 정보를 각각 획득한다.

[0056] 본 실시예에서, 외부 측정장치(124)는, 메가픽셀 해상도 및 200~1000Hz 프레임레이트(frame rate)를 갖는 CMOS 디지털 카메라와 같이, 시야(field of view)(126) 내의 물체의 광학적 이미지를 독립적으로 획득하는 시중의 카메라를 포함하는데, 본 실시예에서 시야는 수평으로 약 85° , 수직으로 약 70° 이다. 디지털 카메라를 포함하는 외부 측정장치(124)는 시중에서, 예를 들면 캘리포니아 레이크 포레스트(Lake Forrest)시(市) 소재 바이콘 모션 시스템즈(Vicon Motion Systems Inc.)사(社)의 바이콘 트랙커 시스템(Vicon Tracker System)의 컴포넌트로서, 구입이 가능하다. 그러나 다른 실시예에서는 외부 측정장치(124)가 레이저 측정장치 및/또는 라디오 위치측정장치(radio location devices)를 본 실시예의 광학적 카메라에 대해 추가로 혹은 대용으로 포함될 수 있다.

[0057] 본 실시예에서 마커(122)는 시스템(100)의 다양한 컴포넌트에 고정되는 구(求)형의 반사율이 높은 랜드마크를 포함한다. 본 실시예에서, 적어도 세 개의 마커(122)가 시스템(100)의 주요 컴포넌트에 각각 고정되며, 바람직하게는 물체에 대해 비대칭으로, 예를 들면 중심선으로부터의 거리가 상이하게 혹은 모퉁이에 균일하지 않게, 배치된다. 외부 측정장치(124)는 시스템(100)의 어떠한 컴포넌트 및 상응하는 마커(122)가 적어도 두 개의 외부 측정장치(124)의 시야에 있도록 배열되며, 일 실시예에서는 총 열 개의 외부 측정장치(124)가 구비된다. 이것은 시스템(100)에 쌍안(binocular) 영상을 제공할 수 있어 시스템(100)의 컴포넌트의 위치 및 향을 시스템(100)이 보다 정확하게 판단할 수 있게 한다. 마커(122)는 마커(122)가 고정된 물체들의 위치 및 향을 레지스터하고 정확하게 판단하는 과정을 용이하게 하기 위해 구비되지만, 다른 실시예에서는 시스템(100)이 외부 마커(122)의 사용 없이, 모서리 또는 모퉁이 등 물체 특유의 외곽선을 포함하는 모뉴먼트에 근거하여 위치 정보를 획득하도록 외부 측정장치(124)를 사용한다.

[0058] 도 5는 시스템(100)의 컴포넌트의 공간적 위치 및 각도 향을 판단하는 방법의 일 실시예를 도시한다. 대상 컴포넌트가 갠트리(102), 노즐(104), 개구부(110), 이미지(112), 월드(132) 또는 기타 컴포넌트일 수 있으므로, 이에 대한 언급에 일반적인 표현 “물체(object)”를 사용하기로 한다. 이러한 물체에 대해 설명되는 프로세스는 복수의 물체에 대해 병렬적(in parallel) 혹은 직렬적인(in a series) 방식으로 진행될 수 있음을 이해할 것이다. 시작 단계 다음으로, 단계(150)에서 시스템(100)은 복수의 외부 측정장치(124)를 서로에 대해 그리고 월드(132)에 대해 기초화한다. 기초화 단계에서, 시스템(100)은 각 외부 측정장치(124)의 공간적 위치 및 각도 향을 판단한다. 시스템(100)은 또한 월드(132)의 위치를 판단하는데, 이는 전용 L-프레임에 의해 정의될 수 있으며, 시스템(100)의 공간적 원점(origin) 또는 기준계(frame-of-reference)를 정의할 수 있다. 물론, 월드(132)는 실질적으로 외부 측정장치(124)의 시야 내에 고정된 어떠한 컴포넌트 또는 구조도 포함할 수 있다. 그러므로 시스템(100)에 의해 이동 또는 편향될 가능성이 적은 구조가 월드(132) 또는 외부 측정장치(124)의 기준점을 포함할 수 있다.

[0059] 하나 이상의 마커(122)를 포함할 수 있는 봉(wand)이 외부 측정장치(124)의 시야(126) 내에서 움직여진다. 어느 순간에도 시스템(100)의 가동 영역 내의 물체가 복수의(본 실시예에서는 적어도 두 개의) 외부 측정장치(124)의 시야(126)에 있도록 외부 측정장치(124)가 배열되어 있으므로, 시스템(100)은 각 외부 측정장치(124)에서 독립적으로 제공되는 위치 및 향 정보를 연관시키고, 기초화 후에 복수의 외부 측정장치(124)가 서로

일치하는 위치 및 향 정보를 독립적으로 제공하도록 하는 보정용 인자(corrective factors)를 판단한다. 외부 측정장치(124)를 초기화하기 위한 별도의 수학적 절차들은 그 수, 상대적 간격, 서로와 월드(132)에 대한 기하학적 향, 및 사용되는 좌표 시스템에 의존하며, 특정 애플리케이션에 따라 다양할 수 있으나, 당업계에서 통상의 지식을 가진 자는 이를 이해할 것이다. 또한, 일부 애플리케이션에서는 기초화 후 하나 이상의 외부 측정장치(124) 또는 월드(132)가 이동한 경우 기초화 단계(150)가 반복될 필요가 있을 것임을 이해할 것이다.

[0060] 기초화 단계(단계 150) 후의 단계(단계 152)에서는 복수의 외부 측정장치(124)가 대상 물체의 이미지를 획득한다. 단계(단계 152)에서 획득한 이미지로부터 시스템(100)은 각 상응하는 외부 측정장치(124)로부터 물체에 상응하는 방향 벡터(155)를 판단한다(단계 154). 이는 물체를 각각의 시야(126)에 두고 있는 외부 측정장치(124a~d)에 상응하는 벡터(155a~d)로 도 6에 도시되어 있다. 다음, 시스템(100)은 단계 154에서 판단된 벡터(155)(도 6)가 공간 내에 교차하는 지점을 계산한다(단계 156). 단계 156은 따라서 복수의 벡터가 교차하는 위치의 물체에 대해, 월드(132)를 기준으로 하는 공간 내 삼차원 위치를 산출한다. 물체는 셋 이상의 부품(movements) 또는 마커(122)를 구비하므로, 시스템(100)은 또한 물체와 연관된 각 마커(122)의 상대적 위치를 평가함으로써 물체의 삼차원 각도 향을 판단할 수 있다. 본 실시예에서는 외부 측정장치(124)가 카메라를 포함하지만, 모뉴먼트를 이미징하는 데에, 즉, 위치를 판단하는 데에 수많은 다른 장치 중 어떠한 것을 사용하는 것도 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는다. 특히, 모뉴먼트의 이미징 또는 위치 판단에 가시 및 비가시 주파 에너지와 초음파를 포함하는 전자기 혹은 가청주파(audio) 에너지를 방출 또는 수신하는 장치가 사용될 수 있다.

[0061] 물체에 대해 판단된 위치 및 향 정보는, 이후 보다 상세히 설명되는 바와 같이, 단계 160에서 시스템(100)의 사용을 위해 전달된다. 일 실시예에서, 기초화 단계(단계 150)는 약 1 분 이내에 수행될 수 있으며, 시스템(100)이 단계 152, 154, 156, 160에서 최대 10 ms의 시간 지연으로 물체의 위치를 0.1 mm 이내로, 향을 0.15° 이내로 판단할 수 있도록 한다. 전술된 바와 같이, 다른 실시예에서는 외부 측정장치(124)가 레이저 측정장치, 라디오 위치측정장치, 또는 외부 측정장치(124)에 대한 방향 혹은 거리를 판단할 수 있는 기타 장치를 전술된 본 실시예의 외부 측정장치(124)에 대해 추가로 혹은 대응으로 포함될 수 있다. 따라서 일부 실시예에서는 하나의 외부 측정장치(124)가 물체의 위치 및 향을 판단하기 위해 물체에 대한 범위(range) 및 방향을 판단할 수 있다. 다른 실시예에서는 외부 측정장치(124)들이 물체에 대한 거리 정보만을 전달하고, 상응하는 외부 측정장치(124)를 중심으로 하는 복수의 가상 구(求)(virtual spheres)의 교점을 판단함으로써 물체의 위치를 판단할 수 있다.

[0062] 일부 실시예에서는 시스템(100)이 또한 하나 이상의 로컬 위치 피드백 장치(local position feedback devices) 또는 리졸버(resolvers)(134)(도 1 참조)를 포함할 수 있다. 로컬 피드백 장치 또는 리졸버(134)는 갠트리(102), 노즐(104), 방사선 소스(106), 개구부(110), 이미저(112), 환자 포지셔너(114), 환자 포드(116), 및/또는 월드(132) 등과 같이 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트 내부에 또는 이와 통신하도록 구현된다. 로컬 피드백 장치(134)는 시스템(100)의 관련 컴포넌트에 대한 독립적 위치 정보를 전달한다. 다양한 실시예에서 로컬 피드백 장치(134)는 회전 인코더(rotary encoders), 직선 인코더(linear encoders), 서보(servos), 또는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자가 잘 이해하는 작동법을 갖는 시중의 기타 위치 지시기를 포함한다. 로컬 피드백 장치(134)는 외부 측정장치(124)에서 전달되는 정보에 더해 시스템(100)에서 활용될 수 있는 독립적 위치 정보를 전달하여 환자를 보다 정확하게 배치한다.

[0063] 본 실시예에서 시스템(100)은 또한 단계 160에서 물체에 대한 위치 정보를 사용하는 정밀 환자 정렬 시스템(precision patient alignment system)(200)을 포함한다. 도 8에 도시된 바와 같이, 환자 정렬 시스템(200)은 6D 시스템(204), 환자 레지스터 모듈(206), 데이터 파일(210), 모션 제어 모듈(212), 안전 모듈(214), 및 사용자 인터페이스(216)와 통신하는 명령 및 제어 모듈(202)을 포함한다. 환자 정렬 시스템(200)은 6D 시스템(204)에서 전달하는 위치 정보를 사용하여, 환자를 보다 정확하게 레지스터하고, 데이터 파일(210)에서 제공되는 환자를 위한 처방에 따른 바람직한 치료 포즈를 달성하도록 노즐(104) 및 환자 포지셔너(114)를 이동시킨다.

[0064] 본 실시예에서 6D 시스템(204)은 노즐(104), 개구부(110), 이미저(112), 환자 포지셔너(114), 및 환자 포드(116)의 현재 위치와, 또한 도 9에 월드(132)로 표시된 하나 이상의 고정된 랜드마크(132)의 위치에 관한 위치 데이터를 외부 측정장치(124) 및 리졸버(134)들로부터 수신한다. 고정된 랜드마크 혹은 월드(132)는 이동하지 않는 원점 혹은 기준계를 제공하여 방사선 테라피 시스템(100)의 이동하는 컴포넌트의 위치 판단을 용이하게 한다. 이러한 위치 정보는 1차(primary) 6D 위치 측정 시스템(220)에 전달되며, 위치 측정 시스템(220)은 외부 측정장치(124) 및 리졸버(134)로부터 관측된 데이터를 사용하여 제 1 기준계에서 이러한 다섯 가지

컴포넌트의 위치 및 향 좌표와 원점을 계산한다. 이러한 위치 정보는 좌표 변환 모듈(coordinate transform module)(224) 및 중재 모듈(arbitration module)(226)을 포함하는 6D 코디네이션 모듈(6D coordination 모듈)(222)에 전달된다. 좌표 변환 모듈(224)은 명령 및 제어 모듈(202) 및 경로 계획 및 충돌 방지 모션 제어 모듈(212)과 같은 환자 정렬 시스템(200)의 다른 모듈과 통신한다.

[0065] 환자 레지스터 및 테라피 전달 프로세스의 시기에 따라, 환자 정렬 시스템(200)의 다른 모듈들이 방사선 테라피 시스템(100)의 현재 설정에 대한 위치 요청을 위해 6D 시스템(204)을 호출할 수 있다. 환자 정렬 시스템(200)의 다른 모듈들은 또한 좌표 변환 요청과 같은 호출을 6D 시스템(204)에 전달할 수도 있다. 이러한 요청은, 주어진 기준계 내의 위치 데이터 제출, 데이터가 제출된 기준계, 및 호출하는 모듈이 위치 정보가 변환되길 바라는 기준계를 통상적으로 포함할 것이다. 이러한 좌표 변환 요청은 좌표 변환 모듈(224)에 제출되며, 좌표 변환 모듈(224)은 주어진 기준계의 제출된 데이터에 적절한 계산을 수행하여 바라는 기준계로 데이터를 변환하고 이를 환자 정렬 시스템(200)의 호출하는 모듈에 다시 전달한다.

[0066] 예를 들어, 방사선 테라피 시스템(100)은 환자 포지셔너(114)의 이동이 환자를 올바르게 레지스터할 것으로 판단할 수 있다. 예를 들어, x-축을 따라 플러스 2 mm, y-축을 따라 마이너스 1.5 mm, z-축을 따라 변화가 없는 병진 운동 및 수직축을 중심으로 양으로 1°의 회전이 나타나 있을 수 있다. 이러한 데이터는 좌표 변환 모듈(224)에 전달될 것이고, 좌표 변환 모듈(224)은 데이터를 처리하여 상응하는 이동 명령을 환자 포지셔너(114)에 다시 전달할 것이다. 정확한 좌표 변환값은, 예를 들면 환자 포지셔너(114)의 정확한 설정과 치수(dimensions) 및 시스템(100)의 다른 컴포넌트에 대한 환자 포지셔너(114)의 상대적 위치에 따라 시스템(100)의 구체적인 실시예에서 다양할 것이다. 그러나 이러한 좌표 변환은 특정 애플리케이션에 대해 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 용이하게 판단될 수 있다.

[0067] 중재 모듈(226)은 위치 요청을 수신하는 경우 구체적인 물체 위치 정보를 제공함으로써 모션 제어 모듈(212)을 보조한다. 2차(secondary) 위치 측정 시스템(230)은 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트에 대한 대응의 혹은 백업(backup) 위치 측정 기능을 제공한다. 일 실시예에서 2차 위치 측정 시스템(230)은 초기 위치 및 명령에 의한 이동에 기초하는 예측 위치 정보를 사용한 종래 배치 기능을 포함한다. 일 실시예에서 1차 위치 측정 시스템(220)은 외부 측정장치(124)로부터 정보를 수신하고, 2차 위치 측정 시스템(230)은 리졸버(134)로부터 독립 위치 정보를 수신한다. 배치의 정확도 및 속도에 대한 전송된 장점을 위해 6D 측정 시스템(220)이 1차 배치 시스템 역할을 하는 것이 일반적으로 바람직할 것이다.

[0068] 도 10은 환자 정렬 시스템(200)의 환자 레지스터 모듈(206)을 보다 상세하게 도시한다. 전송된 바와 같이, 6D 시스템(204)은 테이블 혹은 환자 포드(116) 및 노즐(104) 등과 같이 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트의 위치 측정치를 획득하여 그러한 다양한 컴포넌트의 위치 좌표를 판단하며, 이를 바라는 기준계로 제시한다. 데이터 파일(210)은 치료 계획 및 CT 데이터를 포함하는, 사전의 계획 또는 처방 세션에서 획득한 환자의 치료 처방에 관한 정보를 전달한다. 이러한 환자의 데이터는 바람직한 포맷의 데이터로 제시되도록 데이터 변환기(232)에 의해 설정될 수 있다. 이미지(112)도 위치 정보를 6D 시스템(204)과 또한 이미지 포착 모듈(image capture module)(236)에 전달한다. 이미지 포착 모듈(236)은 이미지(112)로부터 원시 이미지 데이터를 수신하고 이 데이터를 필터링(filtering), 노출 보정(exposure correction), 스케일링(scaling), 및 자르기(cropping) 등과 같이 처리하여 레지스터 알고리즘(registration algorithm)(241)에 보정된 이미지 데이터를 전달한다.

[0069] 본 실시예에서, CT 데이터는 트랜스그래프 생성 모듈(transgraph creation module)(234)을 통한 중간 처리 단계를 거쳐, CT 데이터는 레지스터 알고리즘(241)에 전달되는 트랜스그래프(transgraph)로 변환된다. 트랜스그래프는 중간 데이터 형식이며 DRR 생성의 속도를 증가시킨다. 레지스터 알고리즘(241)은 트랜스그래프, 치료 계획, 6D 시스템(204)에서 전달되는 현재 물체 위치 데이터, 및 이미지(112)로부터의 보정 이미지 데이터를 사용하여 레지스터된 포즈를 판단하며, 이에 대한 정보는 명령 및 제어 모듈(202)에 전달된다. 레지스터 알고리즘(241)은 이미지(112)로부터의 보정된 이미지 데이터를 적절한 DRR에 가능한 한 밀접하게 혹은 지정된 허용오차(tolerance) 이내로 대응시키도록 하여 바라는 포즈를 정립하거나 환자를 레지스터시키도록 한다. 명령 및 제어 모듈(202)은 현재 레지스터된 포즈를 평가하고 방사선 테라피 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트를 이동시키는 명령 또는 요청을 공급할 수 있다. 적합한 레지스터 알고리즘을 위한 추가적 세부사항은, 그 전체가 참조를 위해 인용되며, 그 제목이 “가속 체적 렌더링을 이용한 반복적 X-선/CT 레지스터(Iterative X-ray/CT Registration Using Accelerated Volume Rendering)”이고 2001년 5월 카네기멜론 대학(Carnegie Mellon University)에 제출된 데이빗 A. 라로즈(David A. LaRose)의 박사학위논문에 나타나 있다.

[0070] 도 11 내지 13은 시스템(100)이 이러한 이동을 실행할 수 있는 실시예들을 도시한다. 도 11은 명령 및 제어

모듈(202)이 방사선 테라피 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트의 이동을 위한 호출을 공급한 경우를 도시한다. 단계 238에서, 모션 제어 모듈(212)은 6D 시스템(204)으로부터 현재 위치 설정을 회수하며 이를 새로이 요청된 위치 설정과 함께 경로 계획 모듈(240)에 공급한다. 경로 계획 모듈(240)은 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트의 가능한 이동에 의해 정의되는 위치 구획(position envelopes)에 대한 삼차원 모델 데이터의 라이브러리(library)를 포함한다. 예를 들어, 전송된 바와 같이 이미지(112)는 철수 가능하며, 3D 모델 데이터 모듈(242)은 그 현재 및 최종 위치에 따라 이미지(112)가 이동할 수 있는 공간적 구획(envelope) 혹은 부피(volume)를 나타낸다.

[0071] 경로 계획 모듈(240)은 또한 3D 모델 데이터 모듈(242)로부터 데이터를 수신하고 이 데이터에 근거하여 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트에 대한 이동 시뮬레이션을 계산할 수 있는 물체 이동 시뮬레이터(object movement simulator)(244)를 포함한다. 물체 이동 시뮬레이션 모듈(244)은 도 12에 도시된 바와 같이 충돌 방지 모듈(collision avoidance module)(270)과 연동하는 것이 바람직하다. 도 12 역시 6D 시스템(204) 작동의 일 실시예를 도시하는데, 본 실시예에서는 개구부(110), 이미지(112), 노즐(104), 환자 포지셔너 및 환자 포드(114, 116)와 또한 고정된 랜드마크 혹은 월드(132)의 위치 측정치를 획득한다. 도 12는 또한 본 실시예에서는 환자 포지셔너(114), 노즐(104), 이미지(112), 및 갠트리(102)의 각도에 상응하는 리졸버(134)로부터 로컬 피드백이 수집되는 것을 도시한다.

[0072] 위치 정보는 충돌 방지 모듈(270)에 전달되고, 충돌 방지 모듈(270)은 물체 정보를 물체 정보 데이터 라이브러리(272)에 수집한다. 이러한 물체 데이터는 데이터가 유효한지(verifiable) 평가하는 결정 모듈(decision module)(274)에 전달된다. 일부 실시예에서 모듈(274)의 평가는, 범위 외(out-of-range) 데이터 또는 예를 들어 복수의 물체가 동일한 위치를 차지하고 있음을 나타내는 데이터와 같이, 물체 위치 데이터의 가능한 불일치(inconsistencies) 또는 대립(conflicts)을 라이브러리(272)에서 검사할 수 있다. 대립 또는 범위 외 조건이 판단되는 경우, 즉, 결정 모듈(274)의 결정 결과가 부정(negative)인 경우, 단계 284에서 시스템 정지가 나타나 방사선 테라피 시스템(100)의 컴포넌트의 추가 이동을 억제하고, 결함 복구 단계(fault recovery state)(단계 286)로 진행하여 결함 또는 결함들을 복구 또는 보정하기 위한 적절한 조치가 취해진다. 결함 복구 단계 286의 완료 후, 리셋 단계(reset state)(단계 290)가 수행되고 그 다음 모듈(272) 내의 물체 위치 데이터 라이브러리에 대한 데이터 회수로 복귀한다.

[0073] 단계 274의 평가가 긍정인 경우, 단계 276으로 이어지는데, 여기에서 충돌 방지 모듈(270)은 현재 및 예측 궤도에 대한 상대적 거리를 계산하고, 이와 같이 계산된 정보를 물체 또는 방사선 테라피 시스템(100)의 컴포넌트 하나 이상이 지나치게 근접한지 판단하는 평가 단계(단계 280)로 전달한다. 단계 280의 평가가 부정인 경우, 즉 현재 위치 및 예측 궤도에 충돌 위험이 없으면, 방사선 테라피 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트의 이동이 나타난 대로 계속되게 하는 대기(sleep) 혹은 멈춤(pause) 단계(단계 282)로 이어지며, 나타난 대로 모듈(272, 274, 276, 280, 282)을 거치는 순환 시퀀스(recursive sequence)로 진행한다.

[0074] 그러나 평가 단계(단계 280)의 결과가 긍정인 경우, 즉 하나 이상의 물체가 지나치게 근접하거나 그 예측 궤도가 충돌을 야기하게 하는 경우, 단계 284의 시스템 정지가 구현되고, 전송된 바와 같이 결함 복구 및 리셋 단계(단계 286, 290)가 이어진다. 따라서 충돌 방지 모듈(270)은 방사선 테라피 시스템(100)이 시스템(100)의 이동 가능한 컴포넌트의 현재 및 예측 위치 및 이동 궤도를 사전에 평가하여 가능한 충돌을 발생하거나 시작되기도 전에 완화시킬 수 있도록 한다. 이것은 예를 들어 스태프 혹은 컨택트 스위치의 구동에 반응하여 이동을 멈추게 하는 컨택트 스위치 등에 의해 트리거(triggered)되는 모션 스태프를 사용하는 시스템들에 비해 유리한데, 이들 자체만으로는 상대적으로 크고 육중하여 상당한 관성을 가질 수 있는 이동하는 컴포넌트에 손상을 예방하거나 또는 시스템의 사용자 혹은 환자에 대한 부상을 예방하기에는 부적절할 수 있다.

[0075] 충돌 방지 모듈(270)과 연동하는 물체 이동 시뮬레이션 모듈(244)이 나타나 있는 이동이 충돌 위험성을 제기하지 않음을 나타낸다고 가정하면, 실제 이동 명령은 모션 시퀀스 코디네이터 모듈(motion sequence coordinator module)(246)로 전달되며, 모션 시퀀스 코디네이터 모듈(246)은 방사선 테라피 시스템(100)의 하나 이상의 컴포넌트의 나타나 있는 이동 벡터를 평가하고, 본 실시예에서는 다섯 개의 해석 모듈(translation modules)을 통하여 이러한 이동을 계획(sequences)한다. 특히, 해석 모듈(250, 252, 254, 260, 262)은 나타난 이동 벡터를 주어진 기준계에서 각각 환자 포지셔너(114), 갠트리(102), x-선 소스(130), 이미지(112), 및 노즐(104)에 적합한 명령 기준계로 해석한다.

[0076] 전송된 바와 같이, 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 이동 가능한 컴포넌트는 다른 치수(dimensions)들을 가질 수 있고, 다른 제어 파라미터가 적용될 수 있으며, 해석 모듈(250, 252, 254, 260, 262)은 제 1 기준계 내의 이동 벡터를 방사선 테라피 시스템(100)의 상응하는 컴포넌트에 적절한 기준계로 상호연관(interrelate)

또는 해석한다. 예를 들어, 본 실시예에서 갠트리(102)는 축 중심으로 시계방향 및 반시계방향 회전이 가능한 반면, 환자 포지셔너(114)는 자유도 6의 병진 및 회전 이동에 의해 배치 가능하여 이동 명령을 위해 갠트리(102)의 경우와는 다른 기준계에서 작동한다. 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트에 대해 외부적으로 측정된 위치 정보를 구비함으로써, 모션 시퀀스 코디네이터 모듈(246)은 이러한 컴포넌트의 이동을 직접적이고 효율적이고 안전한 방식으로 계획할 수 있다.

[0077] 도 14는 환자 정렬 시스템(200)을 구비하는 방사선 테라피 시스템(100)의 작동의 일 실시예의 순서 혹은 방법(300)을 도시한다. 시작 단계(단계 302) 후, 특정 환자 및 제공될 치료 포탈(treatment portal)이 파악되는 파악 단계(identification state)(단계 304)가 이어진다. 다음, 치료 처방 회수 단계(treatment prescription retrieval state)(단계 306)가 이어지는데, 파악 및 치료 처방 회수 단계(단계 304, 306)는 사용자 인터페이스(216)를 통해 그리고 모듈(210)의 데이터 파일에 접근하여 수행될 수 있다. 환자는 그 후 단계(단계 310)에서 환자 포트(116) 내로 진입하고 환자를 고정하는 환자 포트(116)를 이미징을 위한 대략의 위치로 배치하도록 환자 포지셔너(114)를 가동시켜 환자가 이미징 위치로 이동된다. 단계 312에서 갠트리(102), 이미저(112), 및 방사선 소스(130) 또한 이미징 위치로 이동되고, 단계 314에서 x-선 이미징 축 파라미터는, 전술된 바와 같이, 외부 측정장치(124), 연동하는 마커(122), 및 리졸버(134)를 사용하는 6D 시스템(204)을 통해 판단된다.

[0078] 단계 316에서, 환자의 방사선 이미지가 이미저(112)에 의해 포착되며, 전술된 바와 같이, 모듈(236)에 의해 필요에 따라 보정을 적용할 수 있다. 본 실시예에서는, 두 개의 이미저(112) 및 상응하는 x-선 소스(130)가 서로에 대해 실질적으로 수직으로 배열되어 있다. 따라서 직교하는 관점에서 두 개의 개별 방사선 이미지가 획득된다. 이러한 측면은 하나의 관점에 비해 더욱 완전한 방사선 이미지 정보를 제공한다. 또한, 일부 실시예에서는 추가의 데이터를 위해 복수의 이미징 단계(단계 316)가 수행될 수 있음을 이해할 것이다. 단계 320에서 방사선 이미지 획득 과정이 완료되었는지에 대한 평가가 수행되며, 이러한 결정의 판단 결과, 단계 312의 이동, 단계 314의 판단, 및 단계 316의 포착을 계속하는 부정의 경우 또는 단계 322로 진행되는 긍정의 경우로 이어진다.

[0079] 단계 322에서, 전술된 바와 같이, 방사선 테라피 시스템(100)의 다양한 컴포넌트의 상대적 위치 및 향을 판단하기 위해 6D 시스템(204)은 환자 레지스터 모듈(206)을 통해 전술된 바와 같이 외부 측정을 수행한다. 단계 324에서, 환자를 바람직한 포즈로 올바르게 정렬시키기 위해 이동 연산이 이루어진다.

[0080] 치료 전달의 모든 경우마다 반드시 요구되는 것은 아니지만, 본 실시예는 단계 326에서 갠트리(102)를 치료 위치에 배치하기 위한 어느 정도의 갠트리(102) 이동이 나타나고, 또한 단계(330)에서 정해진 포즈로 환자를 배치하기 위해 환자 포지셔너(114)에 의해 환자가 이동되는 것을 도시한다. 이러한 이동 후에, 단계 332는 다시 6D 시스템(204)을 사용하여 외부적으로 측정하고, 단계 334에서는 측정된 위치를 연산 및 분석하여 단계 336에서 바라는 허용오차로 바람직한 환자 포즈가 달성되었는지 판단한다. 환자의 레지스터 및 배치가 충분히 정확하게 달성되지 않았다면, 단계 340으로 진행되어 갠트리(102) 및/또는 환자 포지셔너(114)의 추가 이동을 위해 보정 벡터가 적절한 기준계로 연산 및 변환된다. 단계 336의 판단이 긍정인 경우, 즉, 환자가 바람직한 포즈에 만족스럽게 배치된 경우, 환자의 처방에 따라 단계 342에서 방사선 테라피 분할량이 가능하게 된다. 일부 환자 처방에 대해서는 치료 세션이, 복수의 향으로부터의 치료 등과 같이, 복수의 치료 분할량을 나타낼 수 있고, 방법(300)의 적절한 부분들은 복수의 처방 치료 분할량에 대해 반복적으로 수행될 수 있음을 이해할 것이다. 그러나 예시를 단순히 하기 위해, 도 14에는 일 회분만이 도시되어 있다. 따라서 단계 342의 치료 전달 후 이어지는, 환자의 치료 완료를 포함할 수 있는 종료 단계(단계 344)는 하루 동안 또는 일련의 치료에 대한 종료일 수 있다.

[0081] 따라서 환자 정렬 시스템(200)을 구비한 방사선 테라피 시스템(100)은 이동 가능한 컴포넌트를 직접적으로 측정함으로써 측정된 피드백을 사용하여 이러한 다양한 컴포넌트의 배치를 보다 정확하게 판단 및 제어한다. 시스템(100) 특유의 장점에는 치료 전달 세션 중에 환자는 기존의 시스템에서 가능했던 것에 비해 보다 정확하게 레지스터될 수 있다는 점과, 방사선 이미징, 환자의 재배치, 및 부차적 방사선 이미징 및 데이터 분석을 생략할 수 있다는 점이 있다. 이것은 테라피용 방사선을 보다 정확하게 전달하고, 레지스터, 이미징, 및 배치 과정의 시간 지연을 현저히 저감하며, 따라서 가능한 환자 처리량을 증가시킬 뿐만 아니라 치료 세션 중에 여러 번의 x-선 노출에 대한 필요를 감소시킴으로써 방사선 이미징 중 x-선 방사선에 대한 환자의 노출을 감소시킬 수 있다는 장점을 지닌다.

[0082] 본 발명의 특징이 바람직한 실시예들에 의해 기술되었지만, 본 발명의 기술적 사상 내에서 예시된 장치의 형태에 대한 다양한 생략, 치환, 및 변경이 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 가능함을 이해할 것이

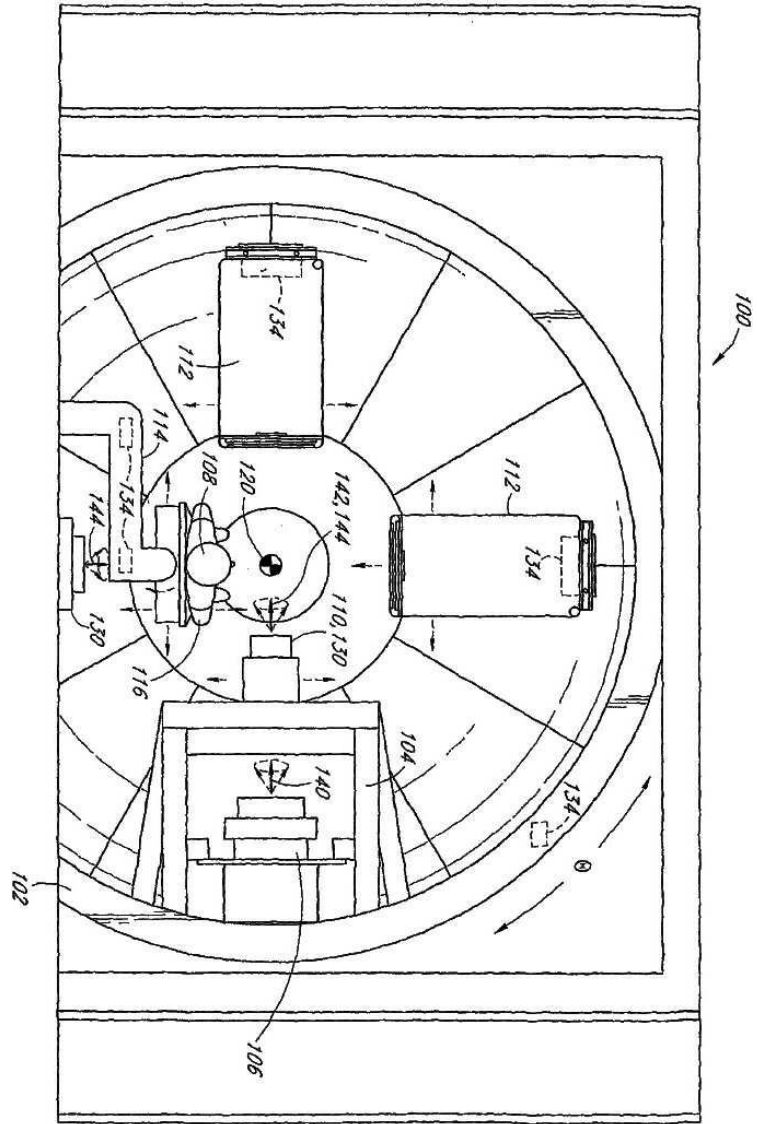
다. 결과적으로, 본 발명의 범위는 전술된 설명에 한정될 것이 아니라 첨부된 청구항에 의해 정의될 것이다.

도면의 간단한 설명

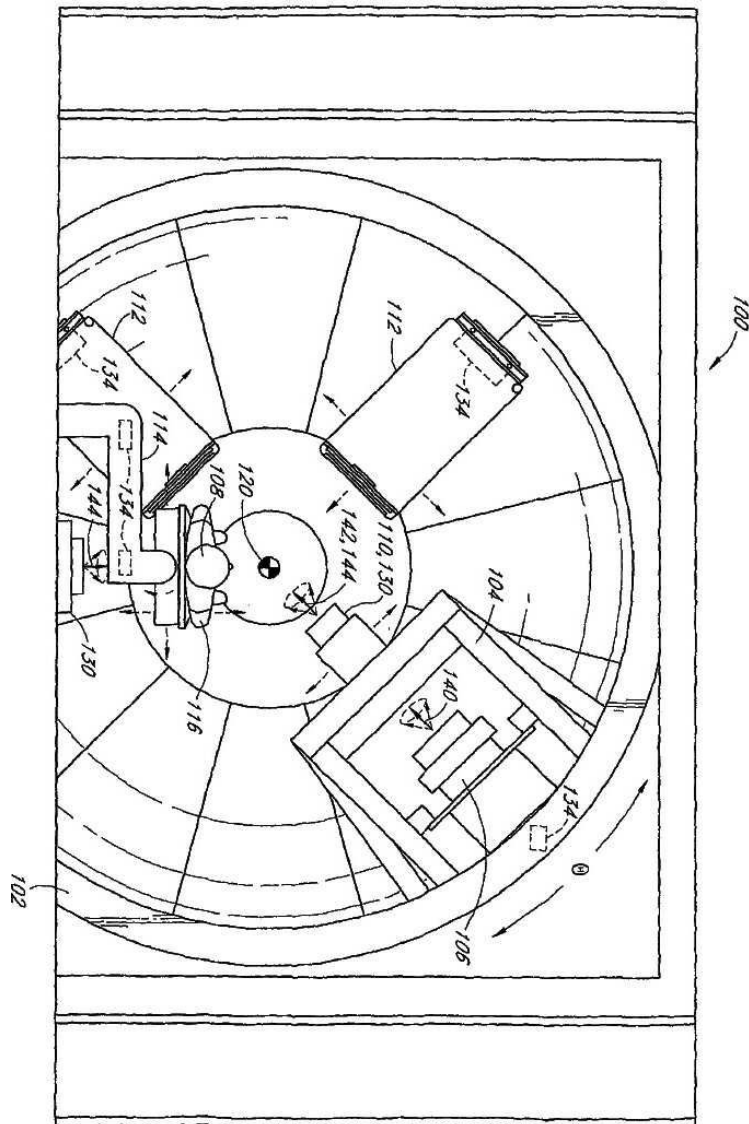
- [0026] 도 1A는 본 발명의 일 실시예에서 환자 배치 시스템이 제 1 향(orientation)에 있는 방사선 테라피 시스템의 개략도이고, 도 1B는 본 발명의 일 실시예에서 환자 배치 시스템이 제 2 향에 있는 방사선 테라피 시스템의 개략도이다.
- [0027] 도 2A는 본 발명의 일 실시예에 따라 확장된 위치에 있는 철수 가능한(retractable) 이미저(imager)를 도시하고, 도 2B는 본 발명의 일 실시예에 따라 철수된 위치에 있는 이미저를 도시한다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 환자 포드(pod)가 결합될 수 있는 환자 포지셔너를 도시한다.
- [0029] 도 4A 내지 4E는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 테라피 시스템의 다양한 위치 오차의 원인을 도시한다.
- [0030] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 방사선 테라피 환경에서 물체의 위치 및 향을 판단하는 방법의 순서도이다.
- [0031] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 테라피 시스템을 위한 외부 측정장치를 도시한다.
- [0032] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 방사선 테라피 시스템을 위한 외부 측정장치를 도시한다.
- [0033] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 테라피 시스템의 정밀 환자 배치 시스템의 블록 개념도이다.
- [0034] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 배치 시스템의 외부 측정 및 6D 코디네이션(coordination) 시스템의 블록 개념도이다.
- [0035] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 배치 시스템의 환자 레지스터 모듈의 블록 개념도이다.
- [0036] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 배치 시스템의 모션 제어 모듈(motion control module)의 경로 계획 모듈의 블록 개념도이다.
- [0037] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 배치 시스템의 모션 제어 모듈의 능동적 충돌 방지 모듈의 블록 개념도이다.
- [0038] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 모션 제어 모듈의 충돌 방지 모듈 및 모션 시퀀스 코디네이터(motion sequence coordinator)의 블록 개념도이다.
- [0039] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 환자 배치 및 방사선 테라피 전달 방법의 순서도이다.

도면

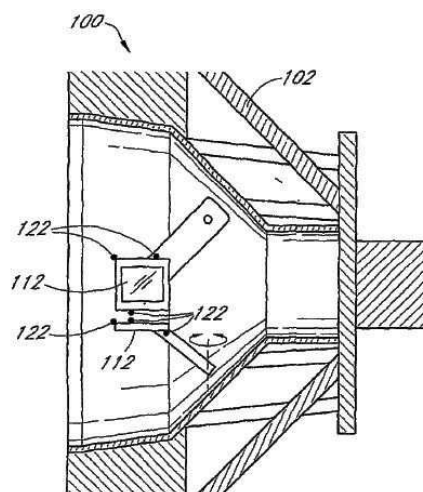
도면1A



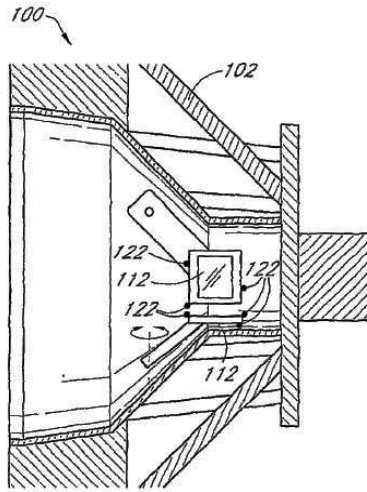
도면1B



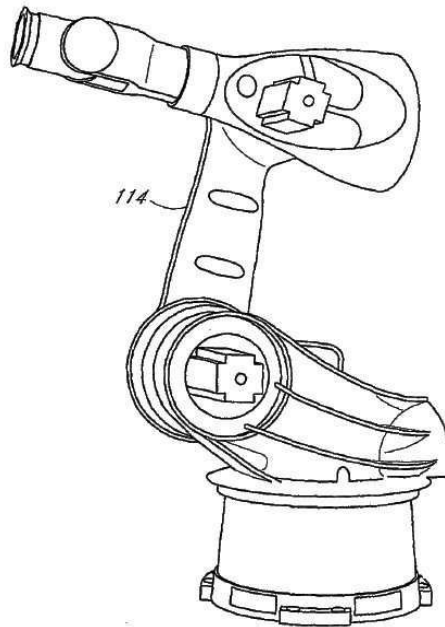
도면2A



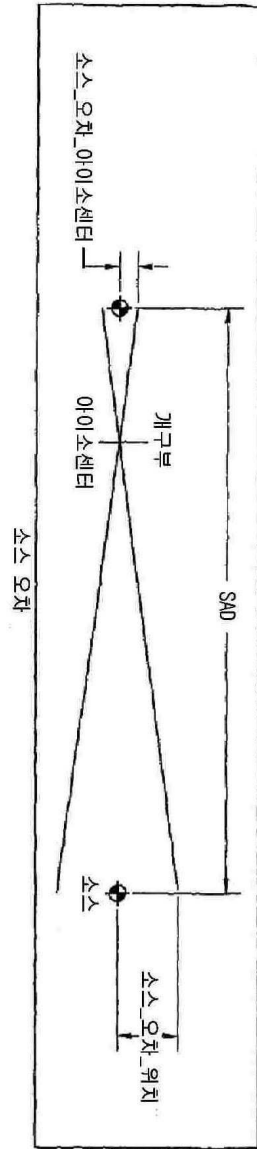
도면2B



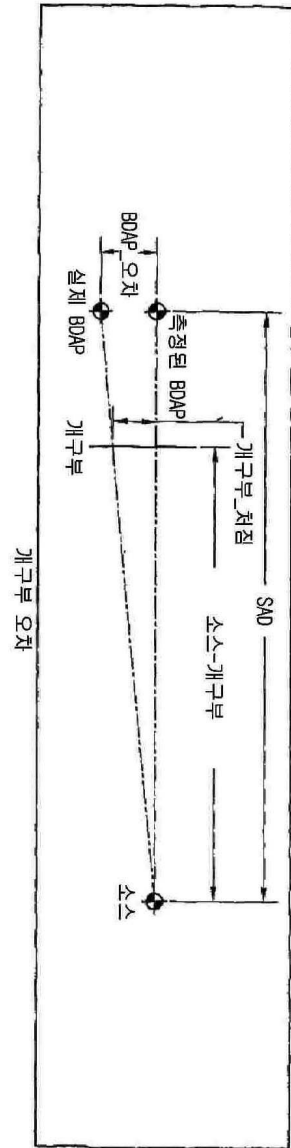
도면3



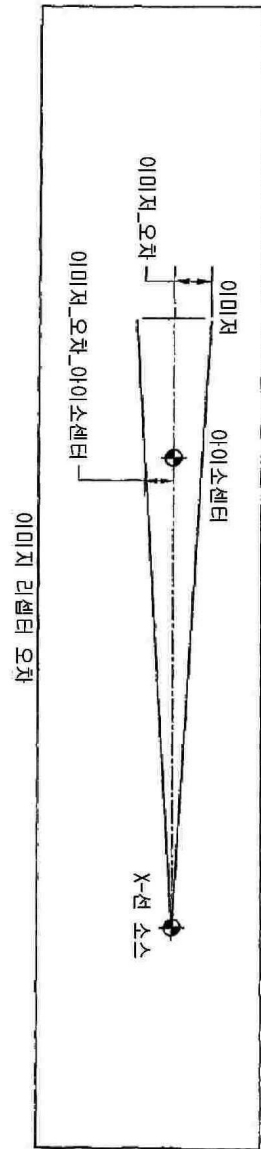
도면4A



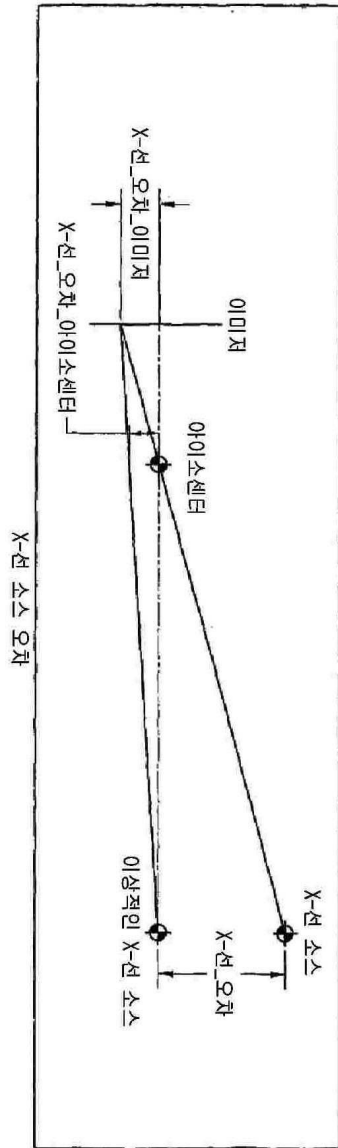
도면4C



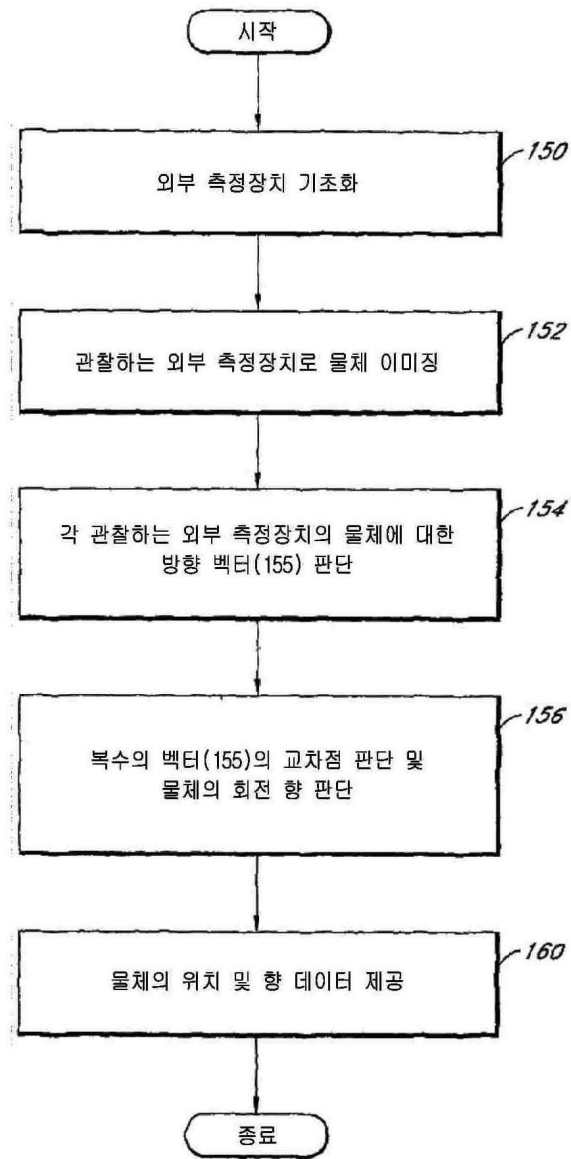
도면4D



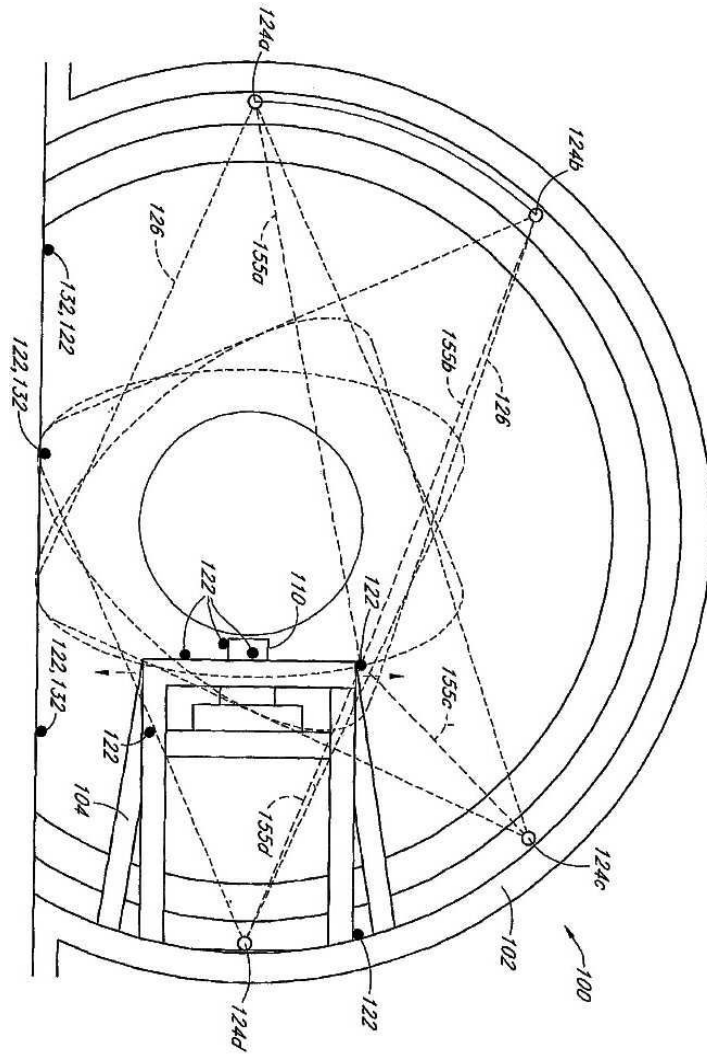
도면4E



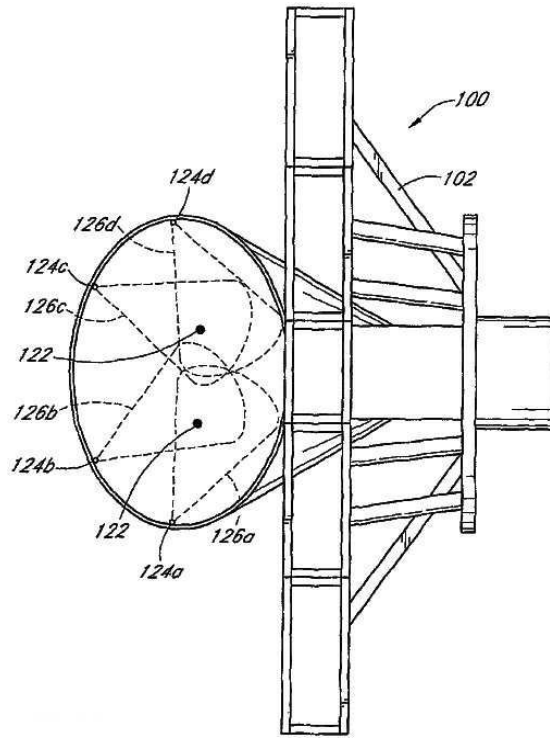
도면5



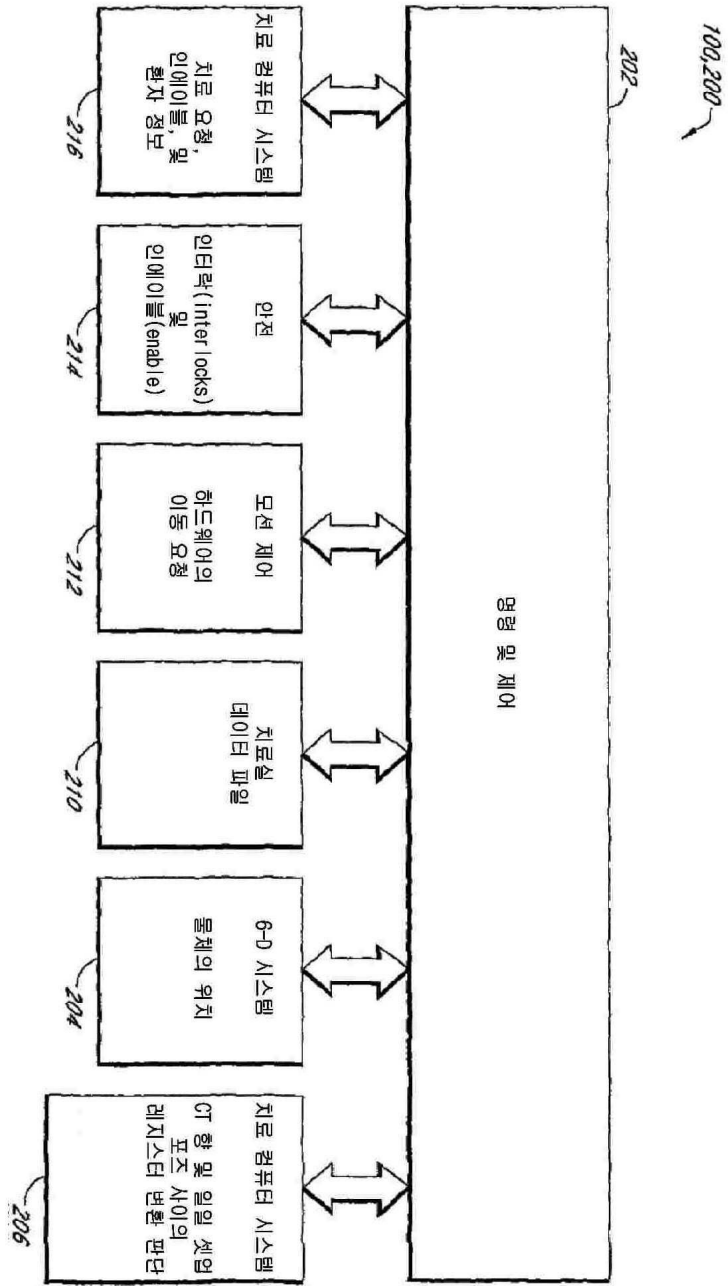
도면6



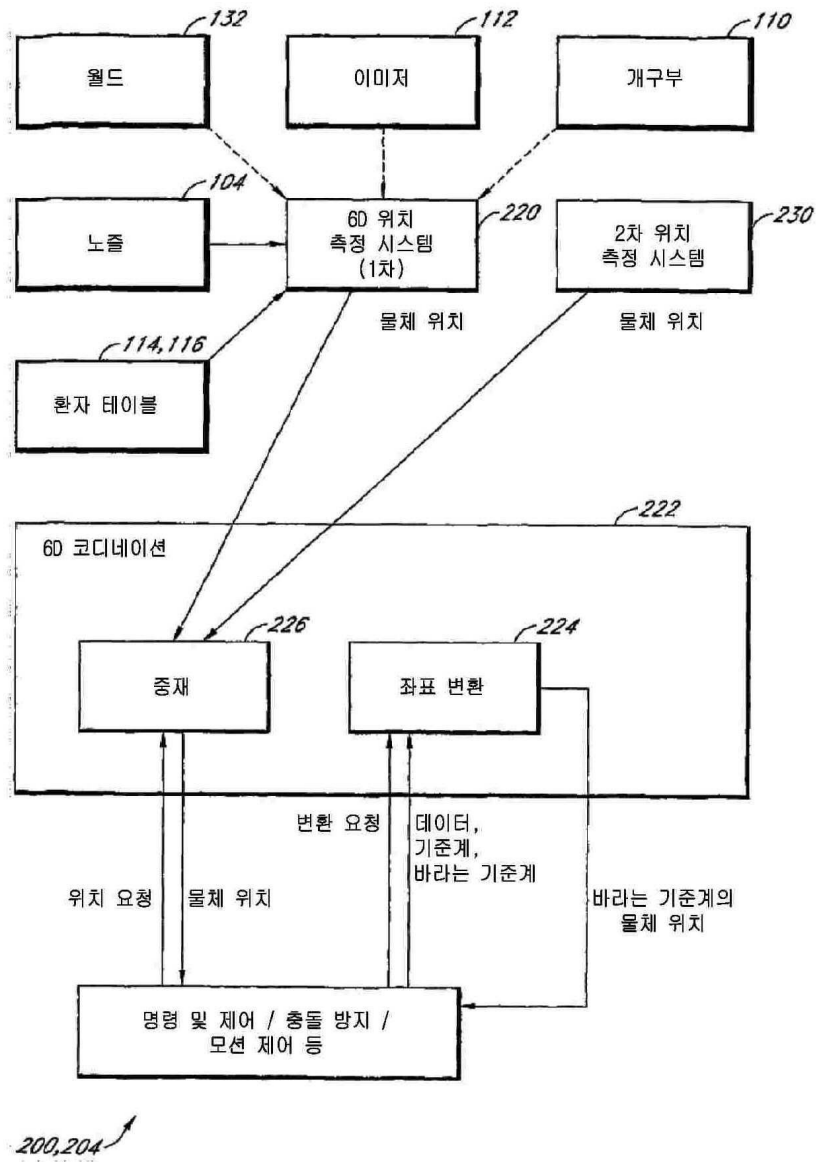
도면7



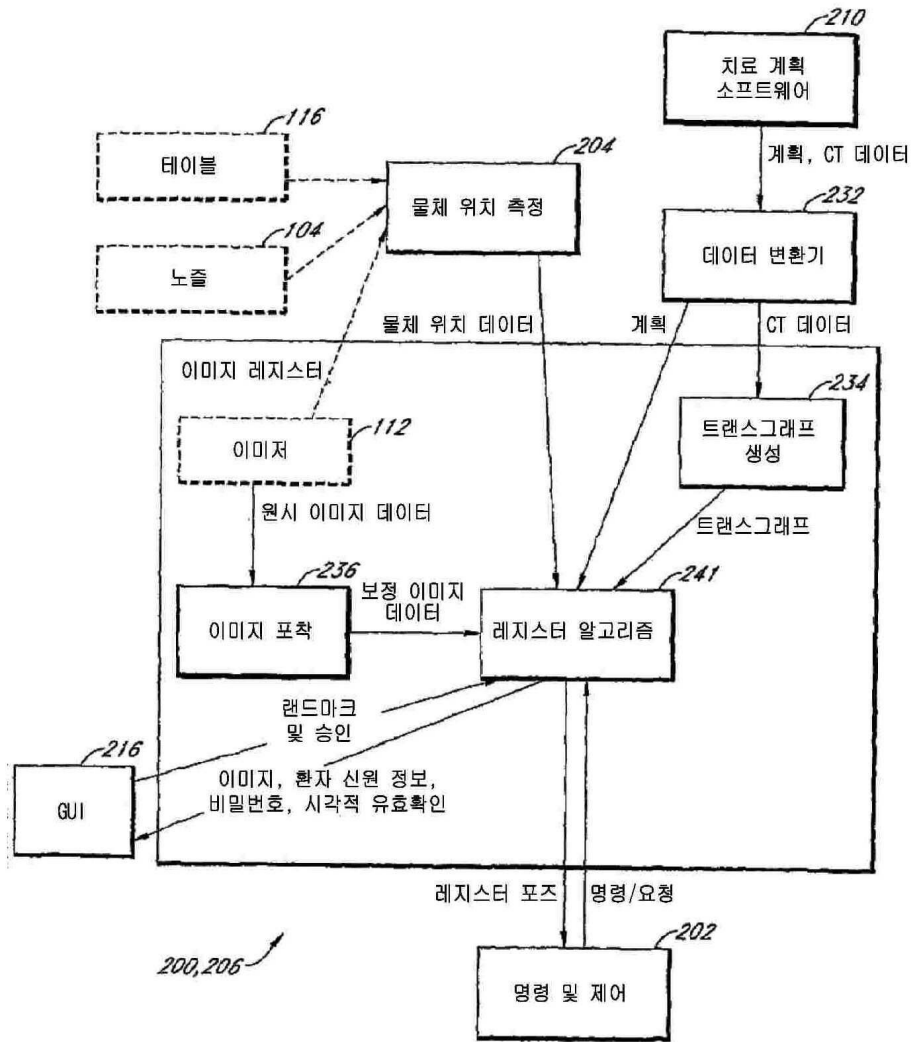
도면8



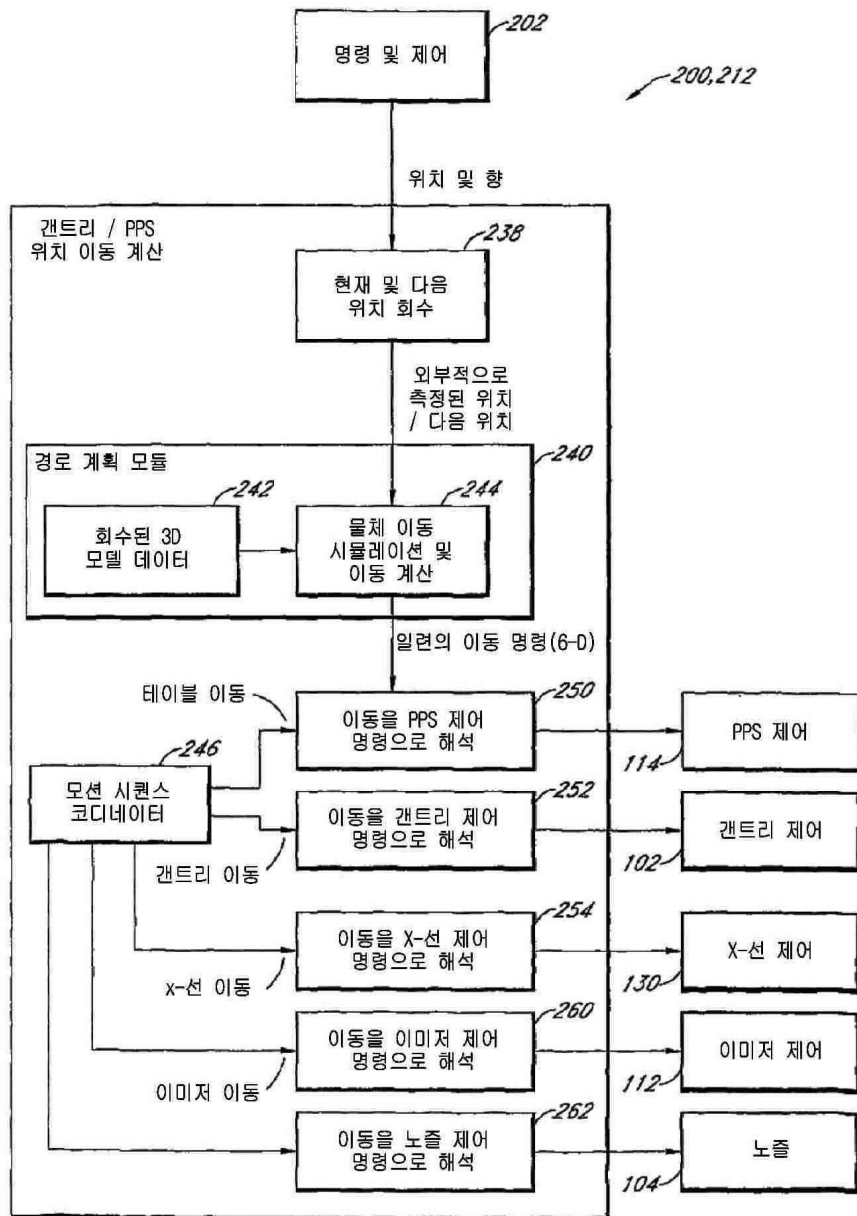
도면9



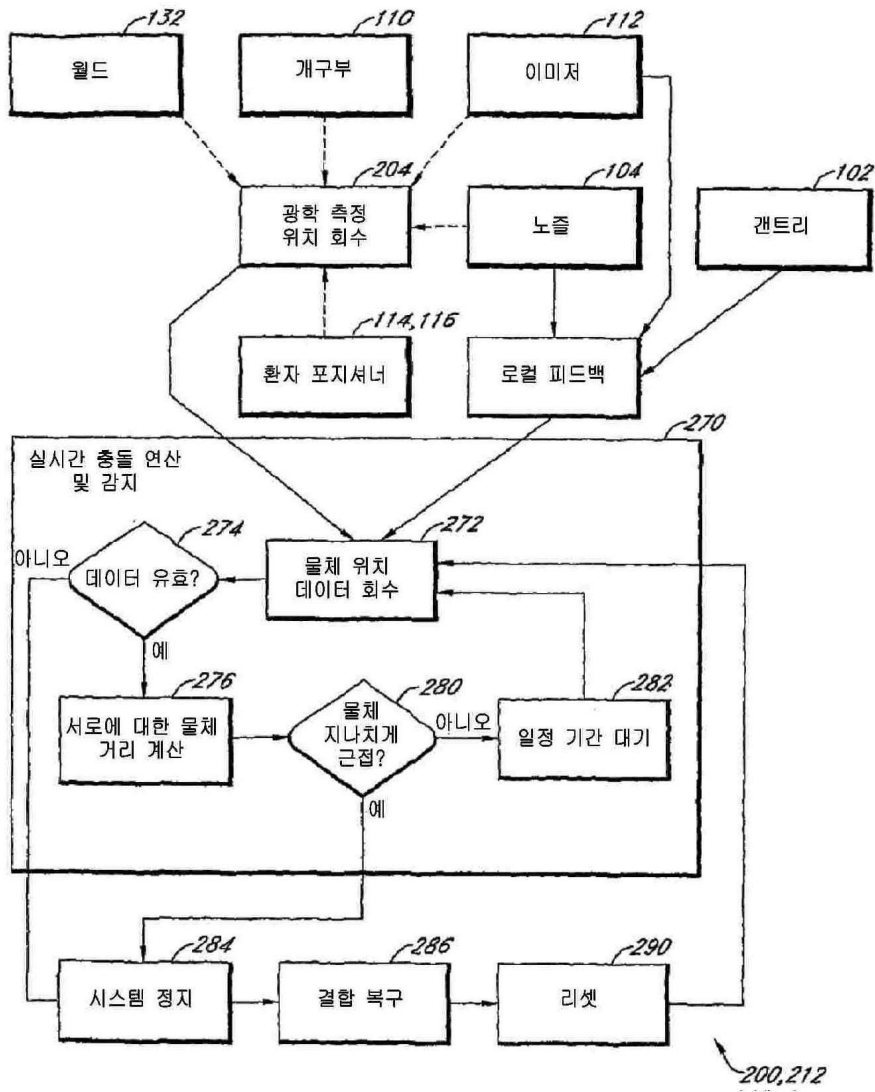
도면10



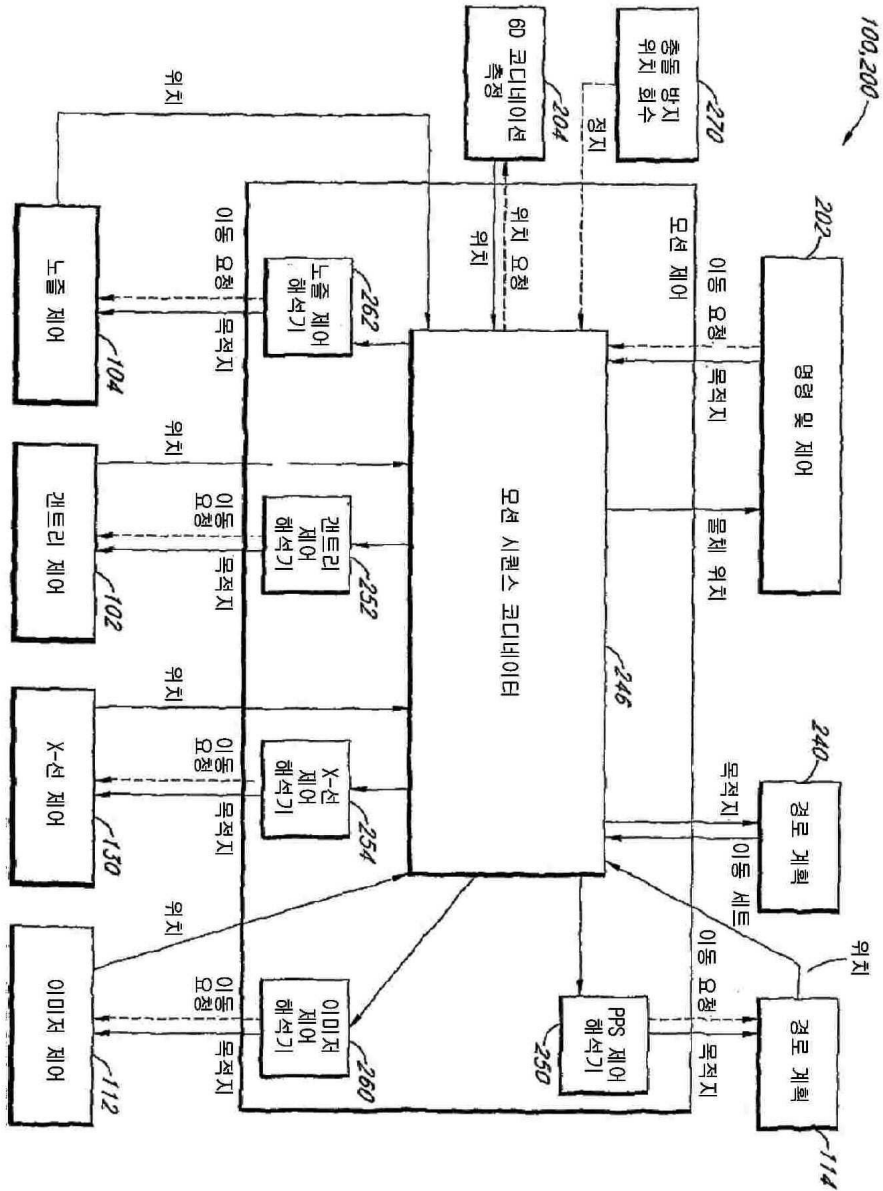
도면11



도면12



도면13



도면14

