



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2008-0049716  
 (43) 공개일자 2008년06월04일

- |  |   |
|--|---|
| (51) Int. Cl.<br><b>G06Q 50/00FO</b> (2008.03)<br>(21) 출원번호 10-2008-7004165<br>(22) 출원일자 2008년02월21일<br>심사청구일자 없음<br>번역문제출일자 2008년02월21일<br>(86) 국제출원번호 PCT/US2006/028556<br>국제출원일자 2006년07월21일<br>(87) 국제공개번호 WO 2007/014108<br>국제공개일자 2007년02월01일<br>(30) 우선권주장<br>60/701,580 2005년07월22일 미국(US) | (71) 출원인<br><b>토모테라피 인코포레이티드</b><br>미합중국 위스콘신 (우편번호 53717-1954) 데밍웨이 매디슨 1240<br>(72) 발명자<br><b>루 웨이구오</b><br>미국 53719 위스콘신주 메디슨 자스민 드라이브 1237<br><b>올리베라 구스타보 에이취.</b><br>미국 53718 위스콘신주 메디슨 도미니언 드라이브 6221<br>(뒷면에 계속)<br>(74) 대리인<br><b>유미특허법인</b> |
|--|---|

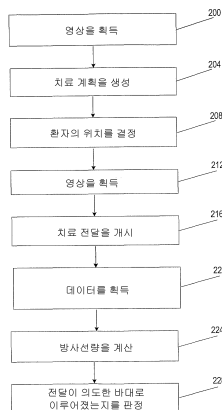
전체 청구항 수 : 총 38 항

**(54) 치료 계획의 전달과 관련된 품질 보증 기준을 평가하는방법 및 시스템**

**(57) 요약**

방사선 치료 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 평가하는 시스템 및 방법이 제공된다. 본 방법은, 환자의 영상 데이터를 획득하는 단계, 적어도 부분적으로는 영상 데이터에 기초하여, 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는 환자에 대한 치료 계획을 생성하는 단계, 실질적으로 치료 위치에서의 환자의 온라인 영상을 획득하는 단계, 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 환자에게 전달하는 단계, 치료 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 모니터링하는 단계, 환자가 받은 방사선량을 계산하는 단계, 및 품질 보증 기준 및 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도5



(72) 발명자

**카파토스 제프리 엠.**

미국 53704 위스콘신주 메디슨 에이퍼티. #3 이스  
트 존슨스트리트 2814

**루찰라 케네스 제이.**

미국 53705 위스콘신주 메디슨 리치랜드 레인 121

**스크나르 에릭**

미국 53558 위스콘신주 맥과랜드 시겔코우 로드  
3059

**휴에스 존 에이취.**

미국 53719 위스콘신주 메디슨 웨스트 발할라 웨이  
7213

**맥키 토마스 알.**

미국 53593 위스콘신주 베로나 솔스티스 코트 7763

**렉워드트 폴 제이.**

미국 53704 위스콘신주 메디슨 메노모니 레인 905

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

시스템 레벨의 퀄리티 보증(quality assurance) 방법에 있어서,  
환자의 영상 데이터를 획득하는 단계;  
적어도 부분적으로는 상기 영상 데이터에 기초하여, 상기 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는 상기 환자에 대한 치료 계획을 생성하는 단계;  
실질적으로 치료 위치에서의 상기 환자의 온라인 영상을 획득하는 단계;  
상기 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 환자에게 전달하는 단계;  
상기 치료 계획의 전달에 관련된 퀄리티 보증 기준(quality assurance criteria)을 모니터링하는 단계;  
상기 환자가 받은 방사선량을 계산하는 단계; 및  
상기 퀄리티 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계  
를 포함하는 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,  
하나 이상의 상기 단계가 자동으로 수행되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서,  
상기 방사선량을 계산하는 단계는, 촬영 동안에 받은 방사선량을 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서,  
공통 값들의 데이터베이스를 유지하는 단계를 더 포함하며,  
상기 판정하는 단계는 적어도 부분적으로는 상기 공통 값들을 기초하여 이루어지는,  
시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,  
치료의 전달(delivery of treatment)을 중지시키기 위한 통보를 생성하는 단계를 더 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서,  
상기 퀄리티 보증 기준을 모니터링하는 단계는, 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하기 위해, 치료 계획을 전달하기 위해 사용되는 시스템으로부터의 피드백 데이터를 이용하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

### 청구항 7

제1항에 있어서,  
상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 상기 치료 계획의 전달 동안 발생하

는 문제점을 식별하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 8**

제7항에 있어서,

상기 문제점은 기기 오류(machine error)로서 식별되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 9**

제7항에 있어서,

상기 문제점은 해부학적 오류로서 식별되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 10**

제7항에 있어서,

상기 문제점은 임상학적 오류(clinical error)로서 식별되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 전달된 방사선량(delivered dose)에 관한 데이터를 누적하기 위해 변형 가능한 등록치(deformable registration)를 이용하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 환자의 해부학적 구조의 윤곽(contour)을 발전(development)시키기 위해 변형 가능한 등록치를 이용하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 변형 가능한 등록치는 방사선량 계산을 수정할 수 있는 영상을 제공하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 기록된 환자 셋업 데이터 또는 움직임 데이터를 이용하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 신규로 획득된 영상 데이터와 사전 기록된 영상 데이터의 조합을 기초하여 이루어지는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 신규로 획득된 영상 데이터 및 상기 사전 기록된 영상 데이터는, 합성 영상을 발전시키기 위해 병합되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 17**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 전달된 치료의 다른 형태를 평가하고, 상기 평가에 응답하여 상기 치료 계획을 조정하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 18**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지의 여부에 기초하여 상기 치료 계획을 수정하는 단계를 더 포함하며,

상기 수정은 또한 임의의 상기 퀄리티 보증 기준에 대한 예측 추세(predictive trend)를 고려하는,

시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 치료 계획을 수정하는 단계는, 상기 퀄리티 보증 기준의 일부 또는 전부에 대해 상기 예측 추세를 생성하고, 상기 예측 추세를 평가하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 예측 추세는, 임상 정보의 예측 추세를 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 21**

제1항에 있어서,

전달된 임상학적 방사선량 및 환자에 대한 영향에 관한 데이터를 획득하는 단계, 및 상기 임상학적 방사선량과 상기 환자에 대한 영향을 관련시키는 생리학적 모델(biological model)을 적용하는 단계를 더 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 22**

제1항에 있어서,

상기 환자가 받은 방사선량을 계산하는 단계는, 상기 환자가 받은 누적된 방사선량을 포함하는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서,

상기 방사선량의 계산은 자동으로 수행되는, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 24**

제22항에 있어서,

상기 누적된 방사선량은 산란된 방사선량(scattered dose) 및 활상 방사선량의 조합인, 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

**청구항 25**

제1항에 있어서,

상기 사용자 오류 또는 치료 오류에 대한 통보를 생성하는 단계를 더 포함하는, 시스템 레벨의 품질 보증 방법.

**청구항 26**

제25항에 있어서,

상기 통보에 기초하여 시스템 구성요소 또는 파라미터를 조정하는 단계를 더 포함하는, 시스템 레벨의 품질 보증 방법.

**청구항 27**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 시스템이 서비스를 필요로 하는지를 식별하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 품질 보증 방법.

**청구항 28**

제1항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 다른 치료(alternative treatment)를 식별하는 단계를 포함하는, 시스템 레벨의 품질 보증 방법.

**청구항 29**

환자에 대한 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템에 있어서,

컴퓨터 프로세서를 포함하고, 방사선을 상기 환자에게 전달하도록 동작할 수 있는 방사선 치료 장치; 및

상기 컴퓨터 프로세서에 의해 액세스 가능한 컴퓨터 판독 가능 매체에 기억된 소프트웨어 프로그램을

을 포함하며,

상기 소프트웨어 프로그램은,

환자의 영상 데이터를 획득하고,

적어도 부분적으로는 상기 영상 데이터에 기초하여, 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는, 환자에 대한 처리 계획을 생성하며,

실질적으로 치료 위치에서의 상기 환자의 온라인 영상을 획득하며,

상기 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 상기 환자에게 전달하며,

상기 처리 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 모니터링하며,

상기 환자가 받은 방사선량을 계산하며,

상기 품질 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 상기 처리 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하도록 동작하는,

방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 30**

제29항에 있어서,

상기 소프트웨어 프로그램은, 상기 단계의 하나 이상을 자동으로 수행하도록 동작할 수 있는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 31**

제29항에 있어서,

상기 소프트웨어 프로그램은, 또한 상기 처리 계획의 전달 동안 발생하는 문제점을 식별하도록 동작할 수 있는,

방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 32**

제31항에 있어서,

상기 문제점은 기기 오류로서 식별되는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 33**

제31항에 있어서,

상기 문제점은 해부학적 오류로서 식별되는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 34**

제31항에 있어서,

상기 문제점은 임상학적 오류로서 식별되는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 35**

제29항에 있어서,

상기 소프트웨어 프로그램은, 상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하기 위해 상기 방사선 치료 장치로부터 피드백 데이터를 획득하도록 동작 가능한, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 36**

제29항에 있어서,

상기 소프트웨어 프로그램은, 상기 치료 계획의 전달 동안 발생하는 문제점을 식별하도록 동작 가능하며, 상기 문제점은 방사선 치료 장치 오류, 해부학적 오류, 및 임상학적 오류 중의 하나에 관련되는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 37**

제29항에 있어서,

상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계는, 전달된 방사선량에 관한 데이터를 누적하기 위해 변형 가능한 등록치를 사용하는 단계를 포함하는, 방사선 치료의 전달을 검증하는 통합 시스템.

**청구항 38**

시스템 레벨의 품질 보증 방법에 있어서,

환자의 제1 영상을 획득하는 단계;

적어도 부분적으로는 영상 데이터에 기초하여, 상기 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는 환자에 대한 치료 계획을 생성하는 단계;

실질적으로 치료 위치에서의 상기 환자의 온라인 영상을 획득하는 단계;

상기 제1 영상과 상기 온라인 영상 간의 변형 맵(deformation map)을 생성하는 단계;

상기 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 상기 환자에게 전달하는 단계;

상기 치료 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 모니터링하는 단계;

상기 변형 맵에 기초하여 상기 환자가 받은 방사선량을 결정하는 단계; 및

상기 품질 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 상기 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계

를 포함하는 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법.

## 명세서

### 기술분야

<1> 본 발명은 방사선 치료 계획의 전달과 관련된 퀄리티 보증 기준을 평가하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

<2> 관련 출원

<3> 본 출원은 "SYSTEM AND METHOD FOR FEEDBACK GUIDED QUALITY ASSURANCE AND ADAPTATION TO RADIATION THERAPY TREATMENT"를 명칭으로 하여 2005년 7월 22일자로 출원된 미국 특허 가출원 번호 60/701,580을 우선권으로 주장하며, 상기 출원의 전체 내용이 본 명세서에 원용되어 있다.

### 배경기술

<4> 지난 수십 년에 걸쳐, 컴퓨터 및 네트워킹, 방사선 치료 계획 소프트웨어, 및 의료 촬상 방식(CT, MRI, US 및 PET)에서의 개량 장치들이 방사선 치료 요법에도 반영되어 왔다. 이러한 개량 장치는 영상 안내 방사선 치료 요법(IGRT : image guided radiation therapy)의 개발을 유도하였으며, IGRT는 건강한 기관에 대한 방사선 노출을 감소시키면서 방사선량이 더 우수하게 종양을 향하도록 하기 위해 환자의 내부의 해부학적 구조의 단면 영상을 이용하는 방사선 치료 요법이다. 종양에 전달된 방사선량은 방사선 빔의 크기, 형상 및 강도가 환자의 종양의 크기, 형상 및 위치에 맞추어 변경되도록 하는 강도 조절 방사선 치료 요법(IMRT : intensity modulated radiation therapy)으로 조절된다. IGRT 및 IMRT는 종양을 둘러싸고 있는 건강한 조직에 대한 조사(irradiation)로 인한 심각한 부작용에 대한 가능성을 감소시키면서 종양에 대해서는 향상된 조절을 가능하게 한다.

<5> IMRT는 여러 국가에서 건강보호(care)의 표준이 되고 있다. 그러나, 다수의 상황에서, IMRT는 시간, 자원 및 비용의 제약으로 인해 환자를 치료하기 위해 사용되지 않는다. IMRT 계획에 의해 생성된 높은 구배(high gradient)가 환자 치료를 위한 정확한 지점에 위치되도록 하기 위해 환자의 일일 영상(daily image)이 이용될 수 있다. 또한 이들 영상은 그 계획을 적합화시키기 위해 필요한 정보를 필요에 따라 온라인 또는 오프라인으로 제공할 수 있다.

<6> 환자를 치료하는 과정 동안 발생할 수 있는 불확실성 및 변화에 대한 다수의 제공원이 있다는 것은 방사선 치료의 분야에서는 널리 알려져 있다. 이들 발생원의 일부는 매일 매일의 환자의 셋업 위치(patient's setup position)에서의 작은 차이와 같은 랜덤한 에러를 나타낸다. 다른 발생원은 환자의 종양이 퇴행하거나 또는 환자가 치료 동안 체중이 감소되는 경우에 발생할 수도 있는 생리학적인 변화에 기인할 수 있다. 세 번째 가능한 카테고리는 움직임(motion)에 관한 것이다. 일부 움직임은 환자 기침 또는 가스 배출과 같이 더욱 랜덤하고 예측 가능하지 않을 것인 반면, 다른 움직임은 호흡 운동과 같이 더욱 규칙적으로 이루어질 수 있기 때문에, 움직임은 잠재적으로는 다른 카테고리 중의 하나와 중첩될 수 있다.

### 발명의 상세한 설명

<7> 방사선 치료 요법에서, 불확실성은 환자의 치료의 퀄리티에 영향을 줄 수 있다. 예컨대, 표적 영역에 치료 방사선량(treatment dose)을 전달할 때, 표적 주위의 높은 방사선량 마진 영역(a high-dose "margin" area)도 함께 치료하는 것이 표준 시행법이다. 이것은 치료의 과정 동안 표적의 위치가 바뀌는 경우에도 또는 하나의 구간(single fraction) 동안에도 표적이 요구된 방사선량을 받게 되도록 하는 데 도움을 준다. 표적의 위치를 작게 한정할수록, 통상적으로 사용되도록 요구되는 마진은 더 커진다.

<8> 적응형 방사선 치료 요법(adaptive radiation therapy)은 일반적으로 추후의 치료를 향상시키기 위해 방사선 치료 요법에 따른 치료의 과정 동안의 피드백을 이용하는 개념을 의미한다. 피드백은 오프라인 적응형 치료 요법 프로세스(on-line adaptive therapy process) 및 온라인 적응형 치료 요법 프로세스(off-line adaptive therapy process)에서 이용될 수 있다. 오프라인 적응형 치료 요법 프로세스는 환자가 치료 구간들 사이에 있을 때와 같이 치료되고 있지 않은 동안 발생한다. 이것의 한 가지 유형에서, 각각의 구간 동안, 각각의 구간 전 또는 후에 환자의 새로운 CT 영상이 획득된다. 최초의 몇몇 치료 구간으로부터 영상이 획득된 후, 이 영상은 표적 구조체의 여러 일자에 걸친 위치(multi-day location)의 유효 엔벨로프(effective envelope)를 결정하기 위해 평가된다. 그 후, 움직임의 표준 가정(canonical assumption)을 이용하기보다는 표적 구조체의 움직임

의 범위를 더 우수하게 반영하기 위해 새로운 계획이 개발될 수 있다. 더욱 복잡한 버전의 오프라인 적응형 치료 요법은 각각의 구간 이후의 전달된 방사선량을 재계산하여 이들 방사선량을 누적하며, 이러한 누적 동안 변형 기술(deformation technology)을 이용하여 내부 움직임을 고려할 수 있다. 그리고나서, 누적 방사선량이 계획 방사선량과 비교될 수 있으며, 어떠한 불일치가 파악된다면, 후속 구간은 이러한 변화를 고려하도록 수정될 수 있다.

- <9> 온라인 적응형 치료 요법 프로세스는 통상적으로 환자가 치료실 내에 있는 동안에 발생하며, 필수적이지는 않지만 치료 전달 동안에도 발생할 수 있다. 예컨대, 일부 방사선 치료 시스템(radiation therapy treatment system)은 온라인 CT 또는 x-선 시스템 등의 촬상 시스템이 설치된다. 이들 시스템은 치료 전에 치료 전달을 위한 환자의 셋업을 검증 또는 조정하기 위해 사용될 수 있다. 촬상 시스템은 또한 실제 치료 전달 동안 치료를 적합화하기 위해 사용될 수도 있다. 예컨대, 촬상 시스템은 환자의 해부학적 구조에서의 변화를 반영하기 위해 치료 전달을 수정하도록 치료와 동시에 사용될 수 있다.
- <10> 본 발명의 일특징은 적응형 치료 요법 기술의 적용을 위한 새로운 기회를 개시하며, 추가의 특징은 적응형 치료 요법을 위한 새로운 방법을 제시할 것이다. 구체적으로, 적응형 치료 요법은 통상적으로 환자의 치료를 수정하기 위해 피드백에 초점을 맞추지만, 본 발명은 퀄리티 보증 내용(quality assurance context)에 사용되는 적응형 치료 요법 프로세스에 초점을 맞춘다. 이것이 전체 시스템 검증의 점에서 특히 현실적이다.
- <11> 예컨대, 환자를 통과한 치료 빔의 양을 나타내는 정보를 수집하기 위해 검출기가 사용될 수 있으며, 이로부터 전달을 위해 사용되는 어떠한 방사선 패턴뿐만 아니라 치료 출력(treatment output)의 크기(magnitude)가 결정될 수 있다. 이러한 전달 검증 프로세스의 이점은 부정확한 립 패턴(leaf pattern) 또는 기기 출력 등의 기기 전달(machine delivery)에서의 오류를 조작자가 검출할 수 있도록 해준다는 점이다.
- <12> 그러나, 기기가 적합하게 기능하고 있는지를 검증하는 것은, 기기를 프로그래밍하기 위해 사용된 외부 입력이 효과적이고 일관적이지를 검증할 필요가 있기 때문에, 그 자체가 치료 계획의 적합한 전달을 보증하지는 못한다. 그러므로, 본 발명의 일특징은 전체 치료 프로세스의 향상된 퀄리티 보증을 위한 적응형 피드백 루프의 광범위한 개념을 포함한다. 이 특징에서, 본 발명은 치료를 위해 환자를 위치시키고, 환자의 위치를 결정하기 위해 영상 안내 방법을 이용하는 단계, 영상 안내에 기초하여 치료를 위해 필요할 경우에 환자를 다시 위치시키는 단계, 및 치료를 개시하는 단계를 포함한다. 그 후, 치료 동안 또는 치료 후 중의 하나에서, 환자 방사선량(patient dose)을 재계산하고, 치료 전 또는 치료 동안에 수집되었던 환자 영상 정보를 통합한다. 이러한 단계의 완료 후, 전달이 계획된 바대로 수행되지 못한 정도를 분석하고, 계획된 전달이 신규로 이용 가능한 데이터에 비추어서 합리적이었는지를 검증하기 위해, 퀄리티 보증 데이터가 수집된다. 이러한 점에서, 피드백의 개념은 더 이상의 환자 내에서의 변화 또는 전달 시의 변화에 기초하여 치료에 대한 변화를 나타내기 위해 이용되지 않고, 원래의 전달 자체를 검증하기 위해 사용된다.
- <13> 일례로서, 환자를 위해 치료 계획이 개발될 것이지만, 예컨대 부정확한 밀도 조절(density calibration)을 적용함에 의해서 그 계획을 위해 사용된 영상이 부적절하게 될 수 있다. 이 경우, 치료 계획은 부정확한 정보에 기초하게 될 것이며, 정확한 방사선량을 환자에게 전달하지 못할 수도 있다. 아직까지, 다수의 퀄리티 보증 기술은, 기기에 대한 명령이 정확한 입력 정보에 기초한 것인지를 검사하기보다는, 기기가 명령된 바대로 작동하는지를 검증할 것이기 때문에, 이러한 오류를 검출하지 못할 것이다. 마찬가지로, 일부 적응형 치료 요법 기술이 이러한 전달에 적용될 수 있지만, 이 예에서의 조절 문제가 지속된다면, 적응형 치료는 유사한 결함으로 곤란을 겪을 것이다.
- <14> 퀄리티 보증을 목적으로 피드백의 사용을 확장하기 위해 이용될 수 있는 다수의 기술이 존재한다. 예컨대, 일 실시예에서, 이 프로세스는 전술한 전달 검증 기술을 포함할 것이다. 이들 방법이 제공하는 기기 성능의 검증은 전체 시스템의 퀄리티 보증 툴셋(toolset)의 유용한 성분이 된다. 또한, 전달 검증 프로세스는 끝이 절단된 시야각을 갖는 영상을 기반으로 하는 전달 기기와 같은 다른 시스템 오류를 분석하도록 확장될 수 있다.
- <15> 일 실시예에서, 본 발명은 시스템 레벨의 퀄리티 보증 방법을 제공한다. 본 방법은, 환자의 영상 데이터를 획득하는 단계, 적어도 부분적으로는 상기 영상 데이터에 기초하여, 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는 환자에 대한 치료 계획을 생성하는 단계, 실질적으로 치료 위치에서의 환자의 온라인 영상을 획득하는 단계, 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 환자에게 전달하는 단계, 치료 계획의 전달에 관련된 퀄리티 보증 기준을 모니터링하는 단계, 환자가 받은 방사선량을 자동으로 계산하는 단계, 및 상기 퀄리티 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계를 포함한다.

<16> 또 다른 실시예에서, 본 발명은 환자에 대한 방사선 치료 계획의 전달을 검증하는 통합 시스템을 제공한다. 본 시스템은, 방사선 치료 장치 및 소프트웨어 프로그램을 포함한다. 상기 방사선 치료 장치는, 컴퓨터 프로세서를 포함하고, 방사선을 환자에게 전달하도록 동작할 수 있다. 상기 소프트웨어 프로그램은 상기 컴퓨터 프로세서에 의해 액세스 가능한 컴퓨터 판독 가능 매체에 기억되며, 환자의 영상 데이터를 획득하고, 적어도 부분적으로는 상기 영상 데이터에 기초하여, 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는, 환자에 대한 처리 계획을 생성하며, 실질적으로 치료 위치에서의 환자의 온라인 영상을 획득하며, 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 환자에게 전달하며, 처리 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 모니터링하며, 환자가 받은 방사선량을 자동으로 계산하며, 상기 품질 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 처리 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하도록 동작할 수 있다.

<17> 본 발명의 또 다른 실시예에서, 본 발명은 시스템 레벨의 품질 보증 방법을 제공한다. 본 방법은, 환자의 제 1 영상을 획득하는 단계, 적어도 부분적으로는 영상 데이터에 기초하여, 환자에게 전달될 계산된 방사선량을 포함하는 환자에 대한 치료 계획을 생성하는 단계, 실질적으로 치료 위치에서의 환자의 온라인 영상을 획득하는 단계, 상기 제1 영상과 상기 온라인 영상 간의 변형 맵(deformation map)을 생성하는 단계, 계산된 방사선량의 일부 또는 전부를 환자에게 전달하는 단계, 치료 계획의 전달에 관련된 품질 보증 기준을 모니터링하는 단계, 상기 변형 맵에 기초하여 환자가 받은 방사선량을 결정하는 단계, 및 상기 품질 보증 기준 및 상기 환자가 받은 방사선량에 기초하여, 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 이루어졌는지를 판정하는 단계를 포함한다.

**실시예**

<24> 본 발명은 이하의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조하면 더욱 명확하게 될 것이다.

<25> 본 발명의 실시예들을 구체적으로 설명하기에 앞서, 본 발명은 그 용용범위가 이하의 상세한 설명에 언급되거나 또는 첨부 도면에 예시되어 있는 상세 구성 또는 구성요소의 배치로 한정되지 않음에 유의하기 바란다. 본 발명은 다른 실시 형태로 구현될 수도 있으며, 다양한 방식으로 사용되거나 실행될 수 있다. 또한, 본 명세서 내에 사용된 표현 또는 용어는, 단지 설명을 위한 것이며, 본 발명을 이러한 것으로 한정하려는 것은 아니다. 본 명세서 내의 "구성되는", "포함하는" 또는 "갖는"이라는 표현과 그 유사 표현은 그 다음에 나열되는 항목 및 그 등가의 요소뿐만 아니라 추가의 항목을 모두 포함하는 것을 의미한다. 또한, "타재", "연결", "지지" 및 "결합"이라는 표현과 그 유사 표현은, 특별히 다른 의미로 지정되거나 한정되지 않는 경우에는, 포괄적인 의미로 사용되며, 직간접적인 장착, 연결, 지지 및 결합 모두를 포함한다. 또한, "연결" 및 "결합"은 물리적 또는 기계적인 연결 및 결합으로 한정되지 않는다.

<26> 본 명세서에서는 첨부 도면을 설명함에 있어서 상부, 하부, 상방향, 하방향, 후방향, 저부, 전방, 후방 등의 방향을 나타내는 표현이 사용되고 있지만, 이들 표현은 편의를 위해 도면에 대한 상대적인 방향(정상적으로 봤을 때)을 나타낸다. 따라서, 이러한 방향을 표현 그대로 받아들이거나 본 발명을 임의의 형태로 한정하는 것으로 간주하여서는 안된다. 또한, 본 명세서에서는 설명을 위해 "제1", "제2" 및 "제3" 등의 표현이 사용되고 있으며, 이들 표현은 상대적인 중요도를 나타내거나 암시하는 것으로 간주되지 않아야 한다.

<27> 또한, 하드웨어, 소프트웨어, 및 전자 부품이나 모듈을 포함하는 본 발명의 실시예의 구성요소의 대부분이 하드웨어로만 구현되는 것으로 도시 및 개시되어 있지만, 본 발명의 기술 분야에 익숙하고 본 명세서의 상세한 설명에 대한 이해를 기반으로 하고 있는 사람은, 적어도 일실시예에서, 본 발명의 전자 공학을 기반으로 하는 특징이 소프트웨어로 구현될 수도 있음을 인지할 것이다. 이와 같이, 본 발명을 구현하기 위해 복수의 하드웨어 및 소프트웨어를 기반으로 하는 장치뿐만 아니라 복수의 상이한 구조의 부품이 이용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 또한, 이하의 설명에서 언급되는 바와 같이, 도면에 도시된 구체적인 기계적 구성은 본 발명의 실시예를 예시하기 위한 것이며, 다른 기계적인 구성 또한 이용 가능하다.

<28> 도 1은 환자(14)에게 방사선 치료를 제공할 수 있는 방사선 치료 시스템(10)을 도시하고 있다. 방사선 치료 요법은 광자를 기반으로 하는 방사선 치료 요법, 근접 치료 요법(brachytherapy), 전자빔 치료 요법, 양성자 또는 입자 치료 요법, 또는 다른 유형의 치료 요법을 포함할 수 있다. 방사선 치료 시스템(10)은 갠트리(gantry, 18)를 포함한다. 갠트리(18)는 방사선 모듈(22)을 포함하며, 방사선 모듈(22)은 방사선빔(30)을 생성하도록 동작할 수 있는 방사선 소스(24) 및 선형 가속기(26)를 포함할 수 있다. 도면에 도시된 갠트리(18)는 환형 갠트리, 즉 360° 회전의 원호를 이루면서 연장하는 완전한 환형 또는 원형의 갠트리지만, 다른 유형의 구성도 가능할 것이다. 예컨대, C-타입, 부분적으로 환형을 이루고 있는 갠트리, 또는 로봇 팔 등의 환형이 아닌 다른 형상의 갠트리도 이용될 수 있다. 환자(14)에 대해 다양한 회전 위치 및/또는 축 위치에 방사선 모듈

(22)을 위치시킬 수 있는 어떠한 다른 구조물도 이용될 수 있다. 또한, 방사선 소스(24)는 갠트리(18)의 형상을 따르지 않는 경로로 이동할 수도 있다. 예컨대, 방사선 소스(24)는 도시된 갠트리(18)가 전반적으로 원형의 형상을 이루는 경우에도 원형이 아닌 다른 경로로 이동할 수도 있다.

<29> 방사선 모듈(22)은 또한 방사선빔(30)을 수정하거나 조절하도록 작동할 수 있는 조절 장치(34)를 포함할 수 있다. 조절 장치(34)는 방사선빔(30)에 대한 조절을 제공하며, 방사선빔(30)을 환자(14)에게 지향시킨다. 구체적으로, 방사선빔(34)은 환자의 일부 부위에 지향된다. 폭넓게 말하자면, 환자의 부위는 환자의 신체 전부를 의미할 수도 있지만, 일반적으로는 신체 전부보다는 작으며, 2차원의 면적 및/또는 3차원의 체적으로 정의될 수 있는 부분을 의미한다. 표적(38) 또는 표적 영역으로도 지칭될 수 있는 방사선을 쪼이도록 요구되는 부위는 대상 영역의 일레이다. 다른 유형의 대상 영역으로는 위험 영역(region of risk)이 있다. 환자의 부위가 위험 영역을 포함한다면, 방사선빔은 그 위험 영역을 향하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 환자(14)는 방사선 치료를 필요로 하는 표적 영역을 하나 이상 가질 수도 있다. 이러한 조절은 강도 조절 방사선 치료 요법(IMRT)으로서 지칭된다.

<30> 조절 장치(34)는 도 2에 도시된 바와 같이 시준 장치(42)를 포함할 수 있다. 시준 장치(42)는 방사선빔(30)이 통과할 수도 있는 애퍼처(50)의 크기를 결정하고 조정하는 한 세트의 조오(jaw, 46)를 포함한다. 조오(46)는 상위 조오(54) 및 하위 조오(58)를 포함한다. 상위 조오(54) 및 하위 조오(58)는 애퍼처(50)의 크기를 조정하기 위해 이동할 수 있다.

<31> 일실시에에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 조절 장치(34)는 강도 조절을 제공하기 위해 다엽 시준기(62)를 포함할 수 있으며, 다엽 시준기(62)는 한 위치에서 다른 위치로 이동하도록 동작할 수 있는 서로 엇갈려 배치된 복수의 엽부(interlaced leaf, 66)를 포함한다. 엽부(66)는 최소 개방 위치와 최대 개방 위치 사이의 어느 곳의 위치로도 이동될 수 있다. 복수의 엽부(66)는 방사선빔(30)이 환자(14) 위의 표적(38)에 도달하기 전에 방사선빔(30)의 세기, 크기 및 형상을 조절한다. 각각의 엽부(66)는, 방사선의 통과를 허용 또는 차단하기 위해 신속하게 개방 및 폐쇄될 수 있도록 모터 또는 에어 밸브 등의 액추에이터(70)에 의해 독립적으로 제어된다. 액추에이터(70)는 컴퓨터(74) 및/또는 컨트롤러에 의해 제어될 수 있다.

<32> 방사선 치료 시스템(10)은 또한 예컨대 방사선빔(30)을 수신하도록 동작할 수 있는 예컨대 킬로볼트 또는 메가볼트 검출기 등의 검출기(78)를 포함할 수 있다. 선형 가속기(26) 및 검출기(78)는 또한 CT 시스템으로서 동작하여 환자(14)의 CT(컴퓨터 단층 촬영) 영상을 생성할 수 있다. 선형 가속기(26)는 방사선빔(30)을 환자(14)의 표적(38)을 향해 방출한다. 표적(38)은 방사선의 일부를 흡수한다. 검출기(78)는 표적(38)에 의해 흡수된 방사선의 양을 검출하거나 측정한다. 검출기(78)는 선형 가속기(26)가 환자(14) 주변을 회전하고 환자(14)를 향해 방사선을 방출할 때에 상이한 각도로부터 흡수 데이터를 수집한다. 수집된 흡수 데이터는 흡수 데이터를 처리하여 환자의 인체 조직 및 기관에 대한 영상을 생성하기 위해 컴퓨터(74)에 전송된다. 이 영상은 뼈, 연조직(soft tissue) 및 혈관을 보여줄 수 있다.

<33> CT 영상은 부채 모양(fan-shaped)의 형상, 멀티-슬라이스(multi-slice) 형상 또는 콘-빔(cone-beam) 형상을 갖는 방사선빔(30)으로 획득될 수 있다. 또한, CT 영상은 메가볼트의 에너지 또는 킬로볼트의 에너지를 전달하는 선형 가속기(26)로 획득될 수 있다. 획득된 CT 영상은 이전에 획득된 CT 영상(방사선 치료 시스템(10) 또는 다른 CT 스캐너, MRI 시스템 및 PET 시스템 등의 다른 영상 획득 장치로부터의 영상)과 함께 등록될 수 있음에 유의하기 바란다. 예컨대, 환자(14)에 대해 이전에 획득된 CT 영상은 콘투어링 프로세스(contouring process)를 통해 이루어진 식별된 표적(38)을 포함할 수 있다. 환자(14)에 대해 신규로 획득된 CT 영상은 새로운 CT 영상에서 표적(38)을 식별하는 데 도움을 주기 위해 이전에 획득된 CT 영상과 함께 등록될 수 있다. 등록 처리는 강성의 또는 변형이 가능한 등록 툴(rigid or deformable registration tool)을 이용할 수 있다.

<34> 일부 실시예에서, 방사선 치료 시스템(10)은 x-선 소스 및 CT 영상 검출기를 포함할 수 있다. x-선 소스 및 CT 영상 검출기는 전술한 바와 같은 선형 가속기(26) 및 검출기(28)와 유사한 방식으로 동작하여 영상 데이터를 획득한다. 영상 데이터는 컴퓨터(74)에 전송되며, 이 컴퓨터에서 환자의 신체 조직 및 기관에 대한 영상을 생성하도록 처리된다.

<35> 방사선 치료 시스템(10)은 또한 환자(14)를 지지하는 진료대(82)(도 1에 도시됨)와 같은 환자 지지부를 포함할 수 있다. 진료대(82)는 적어도 하나의 축(84)을 따라 x, y 또는 z 방향으로 이동한다. 본 발명의 다른 실시예에서, 환자 지지부는 환자의 신체의 특정 부위를 지지하도록 구성된 장치도 가능하다. 환자 지지부는 환자의 전체 신체를 지지하여야 하도록 제한되지는 않는다. 방사선 치료 시스템(10)은 또한 진료대(82)의 위치를 조작하도록 동작할 수 있는 전동 시스템(86)을 포함할 수 있다. 전동 시스템(86)은 컴퓨터(74)에 의해 제어될 수

있다.

- <36> 도 2 및 도 3에 도시된 컴퓨터(74)는 다양한 소프트웨어 프로그램을 실행하기 위한 오퍼레이팅 시스템 및/또는 통신 어플리케이션을 포함한다. 구체적으로, 컴퓨터(74)는 방사선 처리법 처리 시스템(10)과 통신하도록 동작하는 소프트웨어 프로그램(90)을 포함할 수 있다. 컴퓨터(74)는 의료인에 의해 액세스되도록 구성된 적합한 입력/출력 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨터(74)는 프로세서, I/O 인터페이스, 및 기억 장치 또는 메모리 등의 대표적인 하드웨어를 포함할 수 있다. 컴퓨터(74)는 또한 키보드 및 마우스와 같은 입력 장치를 포함할 수 있다. 컴퓨터(74)는 또한 모니터와 같은 표준 출력 장치를 포함할 수 있다. 그 외에, 컴퓨터(74)는 프린터 및 스캐너와 같은 주변 장치를 포함할 수 있다.
- <37> 컴퓨터(74)는 다른 컴퓨터(74) 및 방사선 치료 시스템(10)과 네트워크 연결될 수 있다. 다른 컴퓨터(74)는 추가적인 및/또는 상이한 컴퓨터 프로그램 및 소프트웨어를 포함할 수 있으며, 본 명세서에 설명된 컴퓨터(74)와 동일하도록 요구되지는 않는다. 컴퓨터(74)와 방사선 치료 시스템(10)은 네트워크(94)로 통신할 수 있다. 컴퓨터(74) 및 방사선 치료 시스템(10)은 또한 데이터베이스(98) 및 서버(102)와 통신할 수 있다. 소프트웨어 프로그램(90)은 서버(102)에 상주할 수도 있다.
- <38> 네트워크(94)는 어떠한 네트워킹 기술이나 토폴로지 또는 이러한 기술과 토폴로지의 조합으로도 구축될 수 있으며, 복수의 하위 네트워크를 포함할 수 있다. 도 3에 도시된 컴퓨터와 시스템 간의 연결은 근거리 통신망(LAN), 광역 통신망(WAN), 공중 전화망(PSTN), 무선 네트워크, 인터넷, 인트라넷, 또는 다른 적합한 네트워크를 통해 이루어질 수 있다. 병원 또는 의료 시설에서, 도 3에 도시된 컴퓨터와 시스템 간의 통신은 "Health Level 7"(HL 7) 프로토콜 또는 다른 버전의 프로토콜 및/또는 다른 요구된 프로토콜을 통해 이루어질 수 있다. HL7은, 의료 환경에서의 전자 데이터의 교환을 위해 상이한 공급자(vendor)들로부터의 2개의 컴퓨터 어플리케이션(발송측 및 수신측) 간의 인터페이스의 구현을 지정하는 표준 프로토콜이다. HL7에 의해, 의료 시설(health care institution)이 상이한 어플리케이션 시스템으로부터의 핵심 세트의 데이터를 교환하는 것이 가능하게 된다. 구체적으로, HL7은 교환될 데이터, 교환의 시기, 어플리케이션에 대한 오류의 통신에 대해 규정할 수 있다. 그 포맷은 특성상 일반적인 포맷이며, 관련된 어플리케이션의 요구를 충족하도록 구성될 수 있다.
- <39> 또한, 도 3에 도시된 컴퓨터와 방사선 치료 시스템 간의 통신은, 임의 버전의 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 프로토콜 및/또는 다른 필요한 프로토콜에 의해 이루어질 수도 있다. DICOM 프로토콜은, 국제 전자기기 제조 협회(NEMA : National Electrical Manufacturers Association)에서 개발한 국제 통신 표준으로서, 의료 장비의 여러 부품 사이에서 의료 영상에 관련된 데이터(medical image-related data)를 전송하는데 사용되는 포맷을 규정하고 있다. DICOM RT는 방사선 치료 관련 데이터에 전용으로 사용되는 표준을 의미한다.
- <40> 도 3의 양방향 화살표는, 도 3에 도시된 네트워크(94), 컴퓨터(74) 중의 하나, 및 방사선 치료 시스템(10) 간의 양방향의 통신 및 정보 전송을 나타낸다. 그러나, 몇몇 의료 장비 및 컴퓨터화된 장비에 대해서는, 단방향의 통신 및 정보 전송만을 필요로 할 수 있다.
- <41> 소프트웨어 프로그램(90)은 방사선 치료 프로세스의 기능을 수행하기 위해 다른 모듈과 통신하는 복수의 모듈을 포함한다. 방사선 치료 계획의 전달이 의도한 바대로 발생하였는지를 판정하기 위해 여러 모듈이 다른 모듈과 통신한다.
- <42> 소프트웨어 프로그램(90)은 의료인에 의해 이루어진 방사선 치료 시스템(10)에 대한 데이터 입력에 기초하여 환자(14)에 대한 치료 계획을 생성하도록 동작 가능한 치료 계획 모듈(106)을 포함한다. 데이터는 환자(14)의 적어도 일부분에 대한 하나 이상의 영상(예컨대, 계획 영상 및/또는 치료 전 영상)을 포함한다. 치료 계획 모듈(106)은 치료를 복수의 구간으로 분할하고, 의료인에 의해 입력된 처방에 기초하여 각각의 구간 또는 치료에 대한 방사선량을 결정한다. 치료 계획 모듈(106)은 또한 표적(38) 주변을 묘사하고 있는 다양한 윤곽(contour)에 기초하여 표적(38)에 대한 방사선량을 결정한다. 복수의 표적(38)이 존재하여 동일한 치료 계획에 포함될 수도 있다.
- <43> 소프트웨어 프로그램(90)은 또한 특정 치료 구간 동안 갠트리(18)의 이소센터(isocenter)에 대해 환자(14)를 위치 및 정렬시키도록 동작할 수 있는 환자 위치결정(positioning) 모듈(110)을 포함한다. 환자가 진료대(82) 상에 있는 동안, 환자 위치결정 모듈(110)은 환자의 영상을 획득하고, 환자(14)의 현재 위치를 참조 영상에서의 환자의 위치와 비교한다. 참조 영상으로는, 계획 영상, 임의의 치료전 영상, 또는 계획 영상과 치료전 영상의 조합이 가능하다. 환자의 위치가 조정될 필요가 있다면, 환자 위치결정 모듈(110)은 진료대(82)를 이동시키기

위한 명령을 전동 시스템(86)에 제공하거나, 또는 환자(14)가 수동으로 새로운 위치로 이동할 수 있다. 일구성에서, 환자 위치결정 모듈(110)은 치료실 내에 위치한 레이저로부터 데이터를 수신하여, 갠트리(18)의 이소센터에 대한 환자 위치 데이터를 제공할 수 있다. 레이저로부터의 데이터에 기초하여, 환자 위치결정 모듈(110)은 전동 시스템(86)에 명령을 제공하며, 이 전동 시스템은 갠트리(18)에 대해 환자(14)의 적합한 정렬을 달성하기 위해 진료대(82)를 이동시킨다. 레이저 이외에, 이러한 정렬 프로세스를 지원하기 위해 환자 위치결정 모듈(110)에 데이터를 제공할 수 있는 다른 장치 및 시스템이 이용될 수도 있다.

<44> 환자 위치결정 모듈(110)은 또한 치료 동안 환자 움직임을 검출 및/또는 모니터하도록 동작할 수 있다. 환자 위치결정 모듈(110)은 x-선, 검사실내 CT(in-room CT), 레이저 위치결정 장치, 카메라 시스템, 폐활량계(spirometer), 초음파, 신장도 측정 장치(tensile measurement), 심박 측정기(chest band) 등과 같은 움직임 검출 시스템(112)과 통신하거나 및/또는 움직임 검출 시스템을 통합할 수도 있다. 환자 움직임은 규칙적일 수도 있고 불규칙적일 수도 있으며, 완만하거나 재현 가능한 경로를 따를 필요는 없다.

<45> 소프트웨어 프로그램(90)은 또한 치료 계획에 따라 환자(14)에게 치료 계획을 전달하도록 방사선 치료 시스템(10)에게 명령하도록 동작할 수 있는 치료 전달 모듈(114)을 포함한다. 치료 전달 모듈(114)은 환자(14)에게 방사선을 전달하기 위한 명령을 생성하여 갠트리(18), 선형 가속기(26), 조절 장치(34), 및 전동 시스템(86)에 전송할 수 있다. 이러한 명령은 방사선빔(30)을 치료 계획에서 정해진 바와 같은 적절한 양으로 적합한 표적에 전달하기 위해 갠트리(18), 조절 장치(34) 및 전동 시스템(86)의 이동을 조정한다.

<46> 또한, 치료 전달 모듈(114)은, 치료 계획에 의해 정해진 바와 같은 처방에 부합하기 위해, 전달될 방사선빔(30)의 적합한 패턴, 위치 및 강도를 계산한다. 방사선빔(30)의 패턴은 조절 장치(34)에 의해 및 보다 구체적으로는 다엽 시준기의 복수의 엽부의 이동에 의해 생성된다. 치료 전달 모듈(114)은 치료 파라미터에 기초하여 방사선빔(30)에 대해 적합한 패턴을 생성하기 위해 표준의, 소정의, 또는 모형의 립 패턴(template leaf pattern)을 이용할 수 있다. 치료 전달 모듈(114)은 또한 현재의 환자 데이터를 비교하여 방사선빔(30)에 대한 패턴을 결정하기 위해 액세스될 수 있는 대표적인 케이스에 대한 환자의 라이브러리를 포함할 수 있다.

<47> 소프트웨어 프로그램(90)은 또한 환자 치료 동안 방사선 치료 시스템(10)으로부터 데이터를 수신하도록 동작할 수 있는 피드백 모듈(118)을 포함한다. 피드백 모듈(118)은 방사선 치료 장치로부터 데이터를 수신할 수 있고, 환자 이송 데이터, 이온 챔버 데이터, MLC 데이터, 시스템 온도, 부품 속도 및/또는 위치, 흐름율(flow rate) 등에 관련된 정보를 포함할 수 있다. 피드백 모듈(118)은 또한 치료 파라미터, 환자가 받게 되는 1회분의 방사선량, 치료 동안 획득된 영상 데이터, 환자 이동에 관련된 데이터도 수신할 수 있다. 또한, 피드백 모듈(118)은 사용자 및/또는 다른 소스로부터 입력 데이터를 수신할 수 있다. 피드백 모듈(118)은 추가의 처리가 요구될 때까지 데이터를 획득하여 저장한다.

<48> 또한, 소프트웨어 프로그램(90)은, 신규로 획득된 데이터에 기초하여, 치료 계획의 전달이 요구된 바대로 발생하였는지를 판정하고, 계획된 전달이 합리적인지를 검증하기 위해, 피드백 모듈(118)로부터의 데이터를 분석하도록 동작할 수 있는 분석 모듈(122)도 포함할 수 있다. 분석 모듈(122)은 또한, 수신된 데이터 및/또는 추가의 입력 데이터에 기초하여, 치료 계획의 전달 동안 문제점이 발생하였는지를 판정할 수 있다. 예컨대, 분석 모듈(122)은 이 문제점이 방사선 치료 시스템(10)의 오류에 관련된 것인지, 환자 이동과 같은 해부학적 구조 오류에 관련된 것인지, 및/또는 데이터 입력 오류와 같은 임상적인 오류에 관련된 것인지를 판정할 수 있다. 분석 모듈(122)은 진료대(82), 장치 출력부, 갠트리(18), 다엽 시준기(62), 환자 셋업, 및 방사선 치료 시스템(10)의 구성요소 간의 타이밍 오류에 관련된 방사선 치료 시스템(10) 내에서의 오류를 검출할 수 있다. 예컨대, 분석 모듈(122)은, 계획 동안에 진료대 교체가 수행되었는지, 고정 장치가 적절하게 사용되고 계획 동안에 고려되었는지, 위치 및 속도가 진료 동안 정확하였는지를 판정할 수 있다. 갠트리(18)에 관련하여, 분석 모듈(122)은 갠트리(18)의 속도 및 위치결정에서 오류가 있는지를 판정할 수 있다. 분석 모듈(122)은 다엽 시준기(62)가 적합하게 동작하고 있는지를 판정하기 위해 데이터를 수신할 수 있다. 예컨대, 분석 모듈(122)은, 엽부(66)가 정확한 시각에 이동하는지, 임의의 엽부(66)가 정위치에 있는지, 엽부 타이밍(leaf timing)이 정확하게 계산되었는지, 및 엽부 조정 패턴이 임의의 소정의 치료 계획에 대해 정확한지의 여부를 판정할 수 있다. 분석 모듈(122)은 또한 임의의 소정의 치료 계획을 위한 환자 셋업, 배향, 및 위치를 검증할 수 있다. 분석 모듈(122)은 또한 갠트리(18), 진료대(82), 선형 가속기(26), 및 엽부(66) 간의 타이밍이 정확한지를 검증할 수 있다.

<49> 분석 모듈(122)은 또한 환자가 복수의 구간에 걸쳐 정확한 방사선량을 받도록 보장하기 위해 변형 가능한 등록 데이터(deformable registration data)를 이용할 수 있다. 방사선량(dose)을 분석할 때에는, 어떠한 오류가

심화되고 있는지 또는 이들 오류가 서로를 완화시키고 있는지를 판정하기 위해 복수의 치료 구간에 걸쳐 방사선량을 누적하는 것이 유용하다. 등록은 복수의 영상을 통해 환자의 해부학적 구조 또는 생리학적 구조의 위치들 간의 관계를 결정하기 위한 방법이다. 변형 가능한 등록은, 영상들, 상태들(phases) 또는 시간들 사이에서의 해부학적 구조의 비강성의 변화(non-rigid change)를 고려하기 위해, 환자의 해부학적 구조 또는 생리학적 구조의 위치들 간의 관계를 결정하는 방법이다. 환자(14)에게 전달된 방사선량은, 정확한 방사선량이 되거나 또는 정확한 방사선량이 환자(14)에게 전달되고 있도록 보장하기 위해, 온라인 영상 및 방사선 치료 시스템(10)으로부터의 피드백에 기초하여 재계산된다.

<50> 분석 모듈(122)은 또한 품질 보증을 위해 영상의 변형 기반 콘투어링(deformation-based contouring)에 관련된 데이터를 이용할 수 있다. 변형 가능한 등록 기술은 새로운 영상에 대한 자동 또는 반자동 윤곽(contour)을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 일반적으로, 윤곽 세트는 계획하고 있는 환자 영상 또는 기본이 되는 다른 환자 영상에 대해 정해져 있지만, 새로운 영상을 갖는다면, 윤곽 세트가 항상 용이하게 이용 가능하지는 않게 된다. 영상을 수동으로 콘투어링하도록 조작자에게 요구하기보다는, 변형 가능한 영상 등록을 수행하고, 변형 결과를 원래의 윤곽 세트를 수정하기 위한 토대로서 이용하여 새로운 환자 해부학적 구조를 반영하는 것이, 더욱 신속하고 일관적인 것이 될 수 있다. 모형 기반 콘투어링 알고리즘(template-based contouring algorithm)의 유사군(similar family)이 개발되어, 이전의 이용 가능한 세트의 영상과 윤곽에 기초하여 새로운 이용 가능한 영상에 대한 윤곽을 생성하기 위해 이용되고 있다. 이들 모형 기반의 알고리즘은 이전의 환자 영상 및 윤곽에 기초하여 또는 가능하게는 표준의(canonical) 또는 도해의(atlas) 환자 영상 및 윤곽에 기초하여 새로운 환자 영상을 콘투어링할 것이다. 이것은, 방사선 치료 요법에 대해서는, 자동 일일 윤곽(automatic daily contour)을 각각 갖는 일일 영상에서의 방사선량을 누적하기 위해 수단으로서 수행될 수 있다. 또한, 표준 영상 또는 도해 영상에 기초하여 새로운 윤곽을 생성한다는 점에서 이들 알고리즘은 이전에 사용된 것이지만, 이들 기술을 영상 안내 방사선 요법 동안에 발생하는 영상 데이터의 특정한 가치 및 영상의 유형에 적용하는 것은 본 발명의 새로운 특징이다. 구체적으로, 본 발명의 새로운 특징은 윤곽 세트가 영상 중의 하나에 대해 유일하게 존재할 수도 있는 동일한 환자의 복수의 영상의 변형 및 모형 기반 콘투어링을 포함한다. 환자의 이들 복수의 영상은 여러 일(different day)에 걸쳐 취해질 수 있다면 온라인 또는 치료실내 환자 활상 시스템의 사용에 의해 생성되거나, 또는 CT 스캐너 등의 "4D" 활상 시스템으로부터 획득될 수 있으며, 호흡 상태와 같은 움직임의 상태를 나타낼 수 있다. 온라인 또는 치료실내 활상 시스템은 참조 영상과 동일하거나 유사하거나 상이한 양식(modality)의 것이 될 수도 있다. 예컨대, 참조 영상은 CT 영상일 수도 있는 반면, 온라인 영상은 CT, 콘-빔 CT, 메가볼트 CT, MRI, 초음파 또는 상이한 양식의 것이 될 수도 있다. 이들 콘투어링 기술을 품질 보증 및 적응형 치료 요법의 응용에 적용함으로써, 영상의 콘투어링으로부터 현저한 양의 시간을 절감할 수 있으며, 이 방법은 동일한 환자의 복수의 영상(상이한 시각에 취해지거나 또는 상이한 상태를 나타내는)에 걸쳐 윤곽의 일관성(consistency)을 향상시킬 수 있다. 수동 윤곽은 비재현성(irreproducibility)의 어려움을 겪을 수 있는 반면, 자동으로 생성되는 윤곽은 초기 윤곽의 원칙을 후속 윤곽의 생성에 적용함에 있어서 더욱 일관적일 수 있는 것으로 알려져 있다.

<51> 변형 가능한 등록 기술을 이용하는 콘투어링 프로세스의 또 다른 이점은 생성된 윤곽이 변형 프로세스의 검증을 제공할 수 있다는 것이다. 생성된 윤곽이 수동으로 그려질 윤곽을 밀접하게 반영한다면, 이것은 변형 프로세스가 합리적이라는 것에 대한 우수한 표시가 되는 반면, 자동 윤곽이 관련성이 떨어지면, 이것은 아마도 변형이 적절하지 못하다는 것을 사용자에게 알려주며, 또한 사용자에게 실수 또는 비일관성을 검사하기 위해 수동 윤곽을 검증하는 기회를 제공한다. 이 방법의 또 다른 특징은, 변형 기반 윤곽(deformation-based contour)이 적응형 프로세스를 위한 윤곽의 초안(rough-draft)으로서 사용될 수 있고, 온라인 영상의 요구된 윤곽을 반영하도록 수동으로 편집될 수 있다는 점이다. 이와 같이 할 때에, 변형 프로세스는 초기 윤곽과 수동으로 편집된 자동 윤곽을 매칭시키도록 변형 맵을 제한한 상태에서 재실행될 수 있으며, 이것은 나머지 영상에 걸쳐서의 직접적인 일관적 결과물에 도움을 준다.

<52> 분석 모듈(122)은 또한 품질 보증을 목적으로 다양한 영상에 대한 방사선량 계산을 수행하기 위해 변형 맵(deformation map)을 이용하도록 동작할 수 있다. 변형 맵은 복수의 영상들을 관련시키기 위해 이용될 수 있는데, 복수의 영상들 중 하나의 영상은 방사선량 계산에 유용한 계획 영상이고, 온라인 영상 등의 다른 영상은 정성적인 값(qualitative value)을 갖지만 방사선량 계산에 대해서는 직접적인 활용성을 거의 갖지 않는 영상이다. 이러한 관계는, 더욱 정량적인 영상(more quantitative image)을, 온라인 영상 또는 거의 정량적이지 않은 영상의 정성적인 형태로 "재맵핑"하기 위해 사용될 수 있다. 그 결과의 재맵핑된 영상은, 제1 영상의 정량적인 이점을 가질뿐만 아니라 제2 영상에 포함된 바와 같은 갱신된 해부학적 정보를 가질 것이기 때문에, 방사선량 계산 또는 정량적 응용에 대해서 다른 2개의 영상 중의 어느 것보다도 더욱 적합하게 될 것이다. 이

것은, 제1 영상(즉, 계획 영상)이 CT 영상이고, 제2 영상이 정량적인 영상 값(예컨대, MRI, PET, SPECT, 초음파 또는 비정량적인 CT 등의 영상)이 결합되어 있는 경우와 같은 다양한 케이스에 유용하게 될 것이다. 이 방법을 유사하게 적용하면, 정량적인 한계 대신에 또는 정량적인 한계에 추가하여, 기하학적 왜곡, 결함 및/또는 불완전성(incompleteness)을 정정하게 될 것이다. 예컨대, 해부학적 구조를 잘 보여주는 하지만 기하학적 왜곡을 포함하는 현재의 MRI 영상이, 왜곡되지 않은 CT 영상으로 재맵핑될 수도 있다. 또는, 해부학적 변화를 보여주면서 왜곡을 동시에 정정하기 위해 복수의 영상이 이용될 수 있다.

<53> 전술한 바와 같이, 계획 영상 이후에 획득된 환자 영상에 대해 방사선량을 재계산할 수 있다는 것은 중요하다. 이러한 방사선량이 주어지면, 복수의 전달된 구간에 대해 이들 방사선량을 누적하는데에도 유용하다. 이러한 방사선량은 물리적인 공간에서의 방사선량의 지점에 기초하여 가산될 수 있지만, 더 우수한 방법은 구조체가 위치를 변경한 경우에도 방사선량을 받은 구조체에 기초하여 방사선량을 가산하기 위해 변형 방법을 프로세스에 통합시키는 것이다. 그러나, 상이한 유형의 적응형 치료 요법을 수행하기 위해 이 기술을 확장하는 것도 가능하다.

<54> 방사선량의 재계산의 관점에서, 이러한 프로세스를 향상시키거나 용이하게 하기 위해 본 발명의 여러 가지의 다른 특징이 존재한다. 예컨대, 가능하게는 영상 안내에 기초하여, 환자에게 적용된 임의의 일일 등록치(daily registration)를 기록한 후, 이들 동일한 등록치를 방사선량을 재계산할 때의 환자 영상에 옵션으로 적용될 수 있다. 이것은 자동 또는 반자동으로 수행될 수 있다. 이와 달리, 방사선량은 상이한 등록치를 가지고 재계산될 수도 있다. 그 이점은, 기록된 등록치를 자동으로 사용함으로써, 전달된 방사선량을 재계산하는 프로세스가 간략화되고 능률적으로 이루어진다는 점이다. 더욱이, 상이한 등록치에 대해 방사선량을 재계산하는 능력을 갖춤으로써, 다른 환자 정렬 프로토콜이 더 효과적인지 아니면 덜 효과적인지를 판정할 수 있다. 그리고, 기록된 등록치를 사용하지 않음으로써, 영상 안내가 없는 경우에 치료가 얼마나 유효한지를 결정할 수 있다.

<55> 방사선량 재계산 프로세스는 또한 불완전한 영상의 패딩(padding)에 의해 강화될 수 있다. 그 이유는 축 평면으로 및/또는 우열 방향(superior/inferior direction)으로 크기가 제한된 한정 크기의 영상(limited-size image)이 방사선량 계산의 정확도를 저하시킬 수 있기 때문이다. 이것을 극복하는 방법은, 계획 영상으로부터와 같은 다른 영상 데이터로 한정 크기의 영상을 패딩하는 것이다. 이러한 패딩 방법은 축방향으로 제한된 또는 우열 방향으로 제한된 영상에 대해 작용할 수 있다. 또한, 우열 데이터를 패딩하기 위한 또 다른 방법으로는, 향상된 방사선량 계산을 위해 데이터가 충분히 크게 될 때까지 불완전한 영상의 최종 슬라이스(end slice)를 필요한 만큼 반복시키는 방법이 있다.

<56> 방사선량 재계산의 또 다른 특징은 실제 4D 움직임을 고려하기 위한 방사선량의 계산을 포함한다. 이전의 교시에서는, 호흡과 같은 움직임 패턴의 "상태"를 각각 나타내는 3D 영상 묶음(3D image volume)의 모음 또는 시간을 기반으로 하는 일련의 영상인, "4D CT" 영상을 생성하기 위한 방법을 개시하고 있다. 이들 영상은 콘투어링을 위해 또한 특정 사이클의 "상태"를 예상하는 치료 계획을 생성하기 위해서도 사용된다. 그러나, 환자 호흡은 간혹 "4D CT" 영상 세트에 의해 나타내진 이상적으로 재현 가능한 패턴에서 벗어날 수 있다. 본 발명은 이들 3D 영상 묶음 중의 하나에 대해 더욱 정확하게 방사선량을 재계산하는 방법을 제공한다. 이 방법은 치료 동안의 환자의 움직임을 모니터링하기 위해 움직임 검출 시스템(112)을 이용하는 단계를 포함한다. 이러한 움직임은 불규칙적이거나 예상하지 못한 것일 수 있으며, 완만하거나 재현 가능한 궤적(smooth or reproducible trajectory)을 따를 필요가 없다. 그리고, 움직임은 x-선, 치료실내 CT, 레이저 위치결정 장치, 카메라 시스템, 폐활량계(spirometer), 초음파, 신장도 측정 장치 등을 포함한 다수의 모니터링 시스템의 어떠한 것으로도 검출될 수 있다. 이러한 측정 장치가 제공되면, 어떠한 소정 시각에서의 환자의 상태를 나타내기 위해 측정된 데이터를 이용하고, 4D CT 영상의 상태가 환자의 순간적인 위치에 최상으로 매칭할 때마다 방사선량을 재계산함으로써, 환자의 실제 전달에 대한 방사선량이 재계산될 수 있다. 이것은 또한 환자 치료와 동시에 수집된 CT 영상을 이용하여 수행될 수도 있다. 후자의 경우, 상태 식별은 반드시 필요한 것은 아닐 수도 있다. 일실시에 있어서, 변형 기술은 상이한 상태들 또는 영상들 사이에서 방사선량을 누적하기 위해 사용될 것이다. 또한, 치료 전 또는 치료 동안의 4D CT 영상의 생성이 이 방법과 함께 사용될 수 있으며, 또한 엄밀하게는 CT가 아닌 4D PET 또는 4D MRI 등의 다른 유형의 4D 영상이 사용될 수 있지만, 이들은 이들 영상을 정량적으로 사용하기 위해서는 약간의 수정을 필요로 할 것이다.

<57> 이 기술의 한 가지 응용예는 양호하지 않은 계획 또는 계획의 양호하지 않은 전달의 결과로 발생할 수 있는 것과 같은 양호하지 않은 치료를 정정하는 것이다. 분석 모듈(122)은 전달된 순선량(net dose)을 분석하고, 요구된 순선량 또는 의도한 생리학적 효과에 부합하기 위해 선택된 방사선량을 전달하기 위한 수정 계획을 생성한다. 원래의 치료는 광자 기반의 방사선 치료 요법으로 한정되지 않고, 근접 치료 요법(brachytherapy),

전자빔 치료 요법, 양성자, 중성자 또는 입자 치료 요법, 또는 다른 유형의 치료 요법을 포함한 어떠한 형태의 치료로 가능하다.

<58> 본 발명의 다른 특징은, 적응형 치료 요법의 개념이, 1회에 조사된 방사선량뿐만 아니라 환자의 치료, 임상 결과, 기기 변경 및/또는 생리학적 징후에 있어서의 예측된 추세(trend)에 기초하여 적용될 수 있다는 점이다. 예컨대, 종양이 수축하거나 또는 정상적인 조직 구조가 점차적으로 이주(migration)하고 있는 추세가 검출되면, 적응형 계획 프로세스는, 환자의 현재 상태 및 현재까지 전달된 방사선량을 고려할 수 있을 뿐만 아니라, 해부학적 구조에서의 예상된 추가의 변화를 반영하는 계획을 생성할 수 있다. 유사하게, 치료의 과정 동안 누적된 방사선량 정보를 분석할 때에, 임상 의학자는, 임상학적인 발견 또는 이용 가능한 생리학적 징후 또는 검사 중의 하나에 기초하여, 환자가 경험하고 있는 임상 효과 및 부작용의 레벨을 고려할 수 있다. 새로운 부작용이 느껴지면, 더욱 공격적인 적응형 치료 요법의 치료가 추구될 수도 있는 반면, 더 많은 합병증(complication)이 검출된다면, 영향을 받은 영역을 더 우수하게 회피하기 위해 처리 요법이 수정될 수도 있다. 더욱이, 출력, 에너지 또는 조정에서의 변동과 같은 기기 내에서의 검출된 변화를 보상하기 위해 계획이 적합화될 수 있다.

<59> 이러한 주제의 변형에는 방사선 요법을 수행하는 것이다. 치료 이전 또는 방사선 치료를 전체적으로 시작하기 전에, 환자는 국소 영역에 대해 높은 방사선량을 갖거나 또는 가능하게는 국소 영역에 대해서만 방사선량을 갖는 치료 구간을 받게 될 것이다. 그 영역이 종양을 갖는 상태인지의 여부와 어떠한 유형인지 등의 그 영역의 본질을 결정하기 위해 이 영역에 대한 효과가 모니터링될 수 있다. 이 결과에 기초하여 정확한 치료 과정이 결정될 수 있으며, 이미 전달된 방사선량이 계획 프로세스에 통합될 수 있다.

<60> 도 5는 시스템 레벨의 품질 보증을 검증하는 방법에 대한 흐름도이다. 의료인은 환자의 영상을 획득하고(200), 환자 데이터, 영상 또는 다른 정보에 기초하여 그 환자(14)에 대한 치료 계획을 생성한다(204). 환자(14)가 치료될 준비가 되었다면, 의료인은 치료를 전달하기 전에 환자 위치결정 모듈(110)의 지원을 이용하여 환자(14)를 진료대(82) 상에 위치시킨다(208). 의료인은 위치결정 프로세스를 지원하기 위해 환자(14)의 온라인 영상의 획득을 개시한다(212). 필요에 따라 추가의 위치결정 조정이 이루어질 수 있다. 환자(14)가 적합하게 위치결정된 후, 사용자는 치료 전달 모듈(114)의 지원을 이용하여 치료 계획에 따라 치료를 개시한다(216). 치료 계획의 전달 동안, 피드백 모듈(118)은 방사선 치료 시스템(10) 및 환자 파라미터에 관련된 데이터를 획득한다(220). 치료 동안 및/또는 치료 후, 분석 모듈(122)은 환자(14)가 받은 방사선량을 계산하고(224), 치료 계획의 전달이 의도된 바대로 이루어졌는지를 판정한다(228).

<61> 도 6은 시스템 레벨의 품질 보증을 검증하는 방법의 흐름도를 도시하고 있다. 의료인은 환자의 영상을 획득하고(250), 환자 데이터, 영상 또는 다른 정보에 기초하여 환자(14)에 대한 치료 계획을 생성한다(254). 환자(14)가 치료될 준비가 되었다면, 의료인은 치료의 전달 전에 환자 위치결정 모듈(110)의 지원을 이용하여 환자(14)를 진료대(84) 상에 위치시킨다(258). 그 후, 위치결정 프로세스를 지원하기 위해 환자(14)의 온라인 영상을 획득한다. 필요에 따라 추가의 위치결정 조정이 이루어질 수 있다. 의료인은 처리 계획 내의 하나의 영상과 온라인 영상 간의 변형 맵을 생성한다(266). 환자(14)가 적합하게 위치된 후, 사용자는 치료 전달 모듈(114)의 지원을 이용하여 치료 계획에 따라 치료를 개시한다(270). 치료 계획의 전달 동안, 피드백 모듈(118)은 방사선 치료 시스템(10) 및 환자 파라미터에 관련된 데이터를 획득한다(274). 치료 동안 및/또는 치료 후에, 분석 모듈(122)이 환자(14)가 받은 방사선량을 계산하고(278), 치료 계획의 전달이 의도된 바대로 이루어졌는지를 판정한다(282).

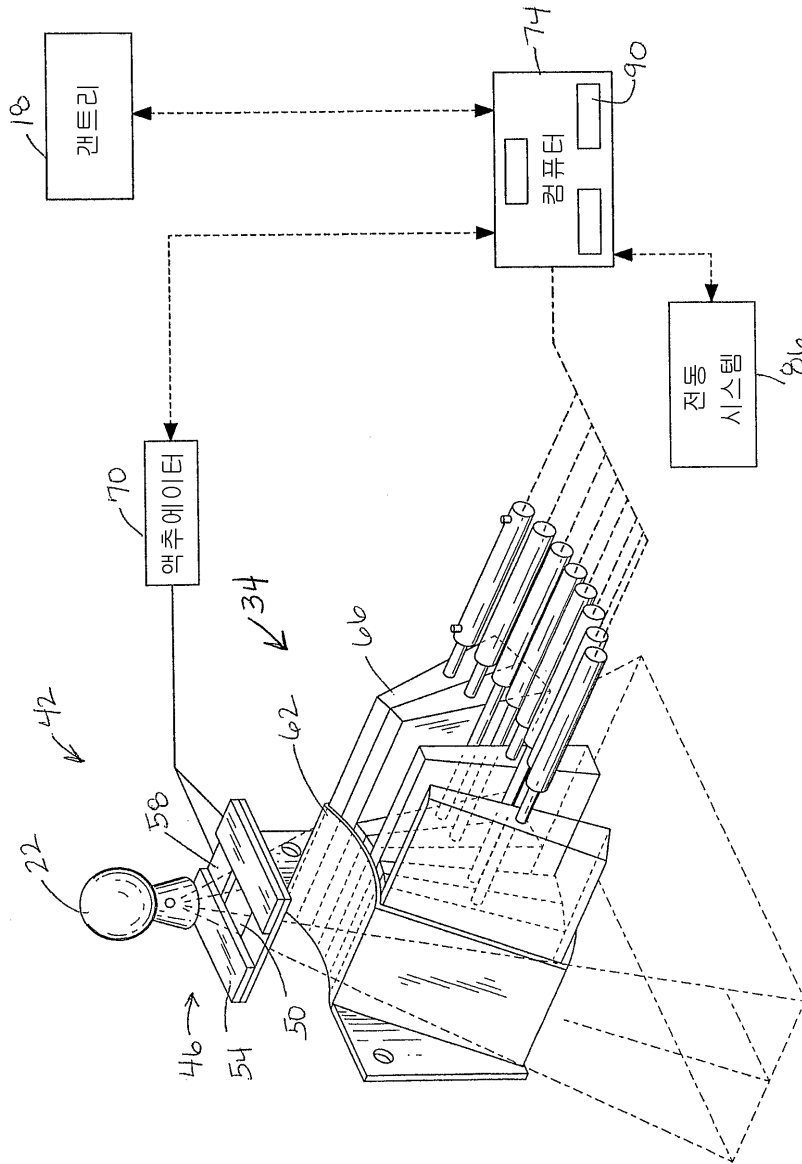
<62> 본 발명의 다양한 특징 및 장점은 이하의 청구범위에 의해 정해진다.

**도면의 간단한 설명**

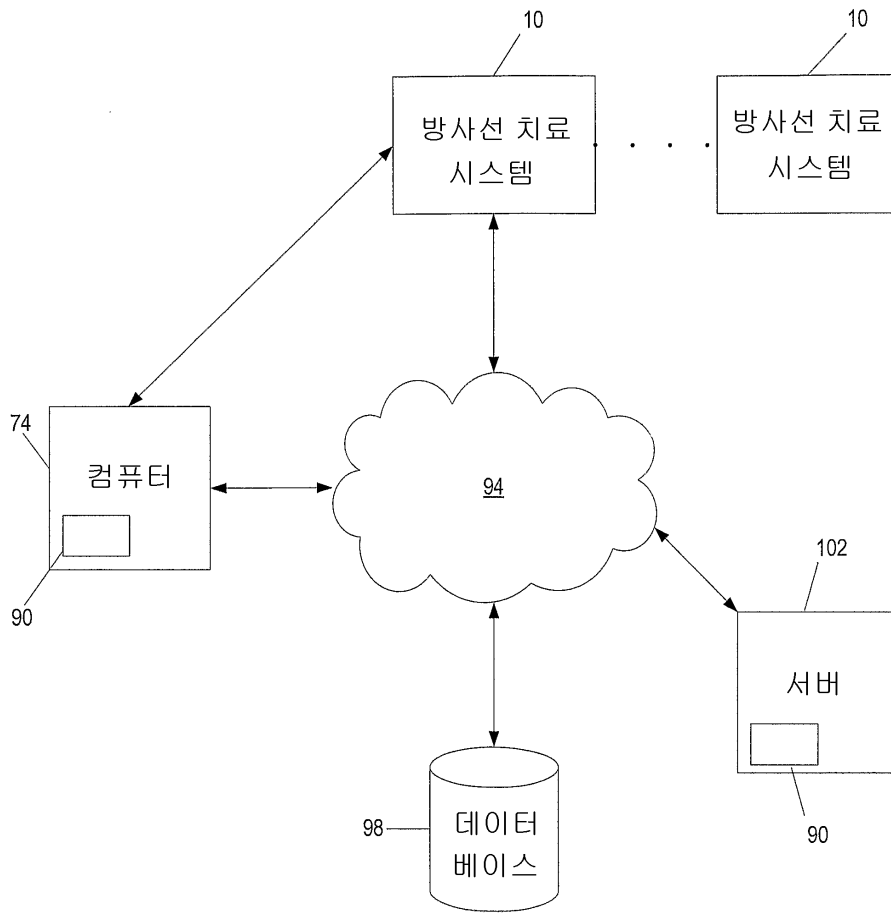
- <18> 도 1은 방사선 치료 시스템의 사시도이다.
- <19> 도 2는 도 1에 도시된 방사선 치료 시스템에 사용될 수 있는 다엽 시준기(multi-leaf collimator)의 사시도이다.
- <20> 도 3은 도 1의 방사선 치료 시스템의 개략도이다.
- <21> 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 치료 계획의 전달을 평가하는 방법의 방사선 치료 시스템에 사용된 소프트웨어 프로그램의 개략도이다.
- <22> 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 시스템 레벨의 품질 보증을 검증하는 방법의 흐름도이다.



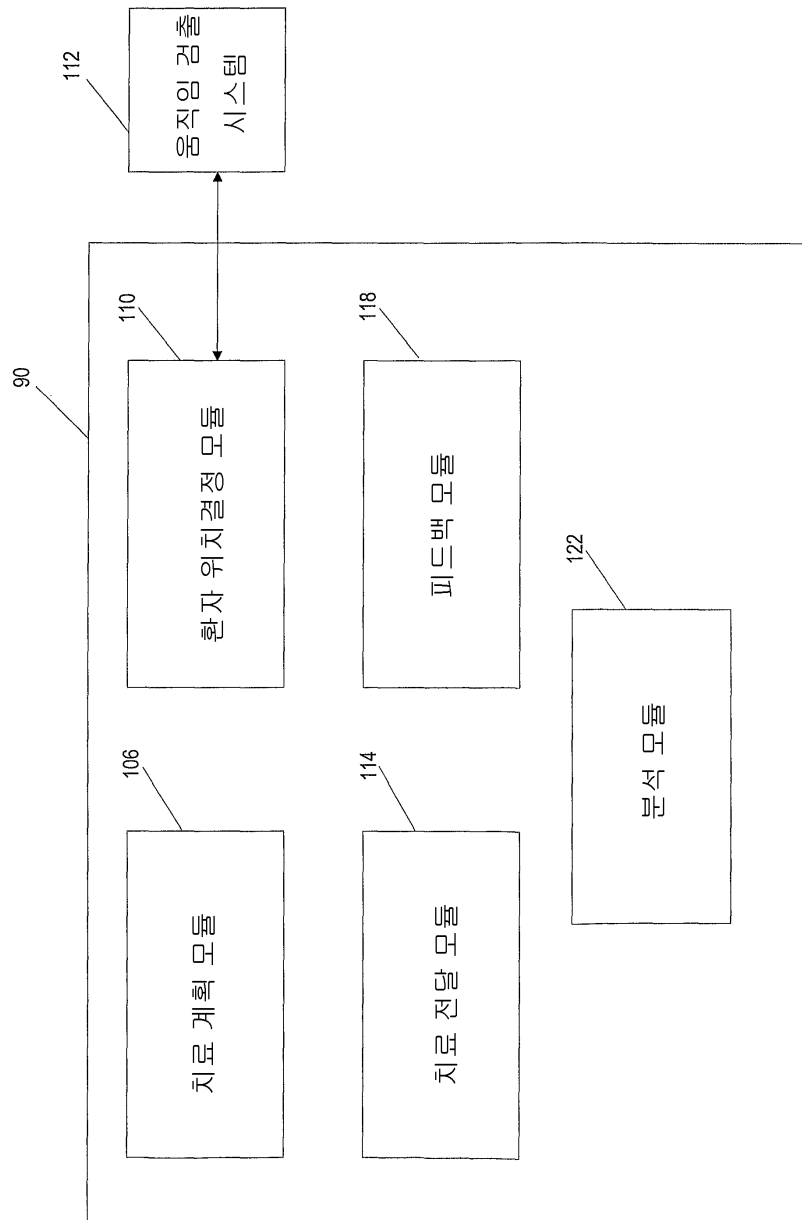
도면2



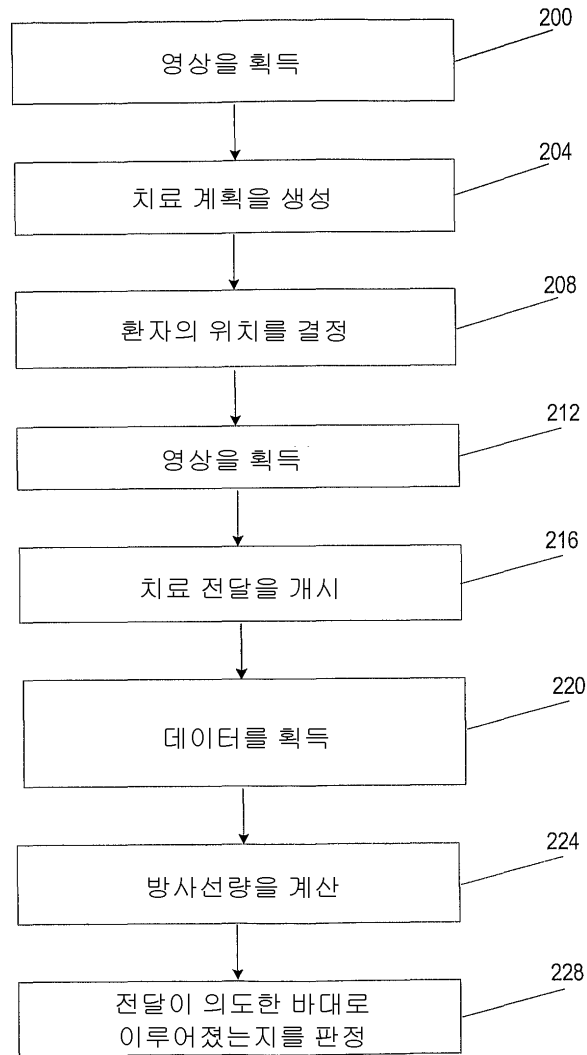
도면3



도면4



도면5



도면6

