(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0138486
(43) 공개일자 2019년12월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61N 5/1031 (2013.01)
A61N 5/1001 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0065002
(22) 출원일자 2018년06월05일
심사청구일자 2018년06월05일

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
김호진
서울시 송파구 올림픽로 43길 88
곽정원
경기도 남양주시 와부읍 덕소로97번길 69, 113동 2003호(강산마을코오롱대성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유철현

전체 청구항 수 : 총 17 항

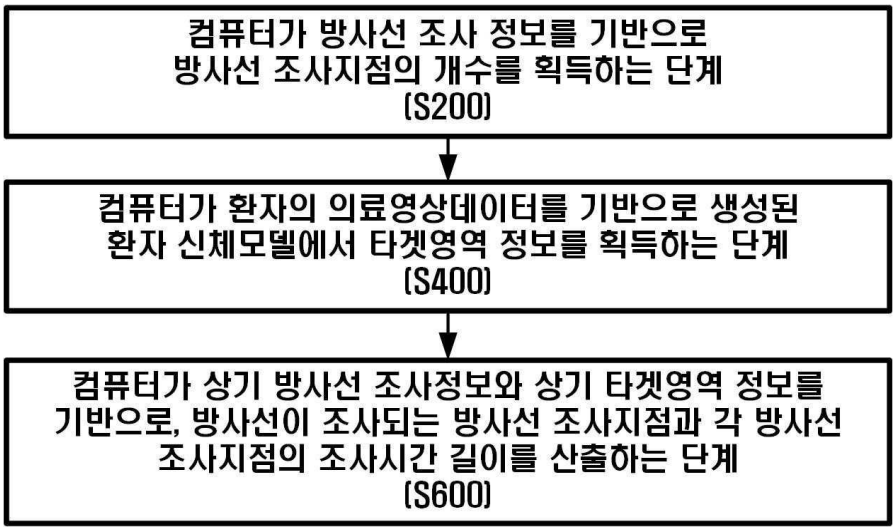
(54) 발명의 명칭 **근접 방사선 치료계획 산출방법, 장치 및 프로그램, 및 근접 방사선 치료장치**

(57) 요 약

본 발명은 근접 방사선 치료계획 산출방법, 장치 및 프로그램, 및 근접 방사선 치료장치에 관한 것이다.

컴퓨터가 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하는 단계(S200; 방사선 조사지점 개수 획득단계); 컴퓨터가 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하는 단계(S400; 타겟영역정보 획득단계); 및 컴퓨터가 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 치료계획 산출단계(S600);를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61N 5/1039 (2013.01)
A61N 2005/1034 (2013.01)
(71) 출원인
한국원자력의학원
서울특별시 노원구 노원로 75 (공릉동)
국립암센터
경기도 고양시 일산동구 일산로 323 (마두동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자
조병철
경기도 안양시 동안구 부림로 34, 202동 402호(평촌동, 꿈마을우성아파트)
이상욱
서울특별시 송파구 양재대로 1218, 104동 803호(방이동, 올림픽선수기자촌아파트)
정치영
서울특별시 성북구 종암로24가길 80, 107동 803호(종암동, 래미안라센트)
임영경
경기도 파주시 한빛로 11 자유로아이파크 302-901
황의중
경기도 고양시 일산서구 강선로 187 1004동 901호
최상현
경기도 남양주시 수레로 1234-13 창현두산2차아파트 208동 801호

명 세 서

청구범위

청구항 1

체내에 삽입되어 방사선 조사위치와 조사방향이 제어되는 치료기구를 이용하여 근접 방사선 치료계획을 산출하는 방법에 있어서,

컴퓨터가 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하되, 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향인, 방사선 조사지점 개수 획득단계;

컴퓨터가 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하되, 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것인, 타겟영역정보 획득단계; 및

컴퓨터가 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 치료계획 산출단계;를 포함하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 치료계획 산출단계는,

상기 타겟영역에 대한 복수의 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 치료계획 산출단계는,

물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기를 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포를 몬테카를로 시뮬레이션법에 적용하여 계산한 결과를 환자 신체 모델 내의 각 방사선 조사 지점에 적용하여 방사선 조사 지점의 조사 시간 길이를 산출하는 것을 특징으로 하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

특정한 축방향의 직선을 따라 상기 방사선 조사위치가 이동되는 것을 특징으로 하며,

상기 치료계획 산출단계는,

상기 축방향의 기울어진 정보에 따라 상기 몬테카를로 계산결과를 보정하여 적용하는 것을 특징으로 하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 치료계획 산출단계는,

상기 방사선 조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 mXn행렬인 커널행렬을 생성하는 단계;

특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하는 단계;

방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여

mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하는 단계;

상기 각 방사선 조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이행렬을 생성하는 단계; 및

상기 그룹에 대응되는 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 상기 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 단계;를 더 포함하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

타겟영역 및 상이한 특성을 가지는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하는 단계;를 더 포함하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 커널행렬 생성단계는,

각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬을 생성하고,

상기 조사시간 길이 조합 산출단계는,

각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬과 복셀선량행렬을 충족시키는 방사선 조사길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하고,

상기 개별 커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 동일한 열개수를 가지는 것인, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 치료계획 산출단계는,

조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출하는 단계;를 더 포함하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건은,

상기 조사시간 길이 조합 중에 L0-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소인 것인, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건은,

상기 개별 커널행렬과 해당 그룹에 대한 조사시간 길이행렬의 곱과 각 그룹에 대한 이상적인 복셀선량행렬 간의 차이에 L2-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소가 되는 것인, 근접 방사선 치료계획 산출방법.

청구항 11

하드웨어인 컴퓨터와 결합되어, 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된, 근접 방사선 치료계획 산출프로그램.

청구항 12

체내에 삽입되어 방사선 조사위치와 조사방향이 제어되는 치료기구를 이용하여 근접 방사선 치료계획을 산출하

는 컴퓨팅장치에 있어서,

방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하는

방사선 조사지점 개수 획득부;

환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하되 타겟영역정보 획득부; 및

상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 치료계획 산출부;를 포함하는,

상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고,

상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이고,

상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것인, 근접 방사선 치료계획 산출장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 치료계획 산출부는,

방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하는, 근접 방사선 치료계획 산출장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 치료계획 산출부는,

환자 신체모델에서 타겟영역과 각 신체조직에 해당하는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하고,

상기 방사선 조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 각각의 개별 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 개별 커널행렬을 생성하고,

특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 개별 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하고,

방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하고,

상기 각 방사선 조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하고,

각 그룹에 대응되는 개별 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 각 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하고,

상기 개별 커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 동일한 열개수를 가지는 것인, 근접 방사선 치료계획 산출장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 치료계획 산출부는,

조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출하는 것을 특징으로 하는, 근접 방사선 치료계획 산출장치.

청구항 16

체내에 삽입되어 방사선 조사방향과 세기가 제어되는 치료기구; 및

방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하고,

환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하고,

상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하고,

방사선 조사지점의 개수가 최소이고 정상조직에 대해 조사되는 선량이 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 제어수단;을 포함하되,

상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고,

상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이고,

상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것인, 근접 방사선 치료장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 치료기구는 가늘고 긴 형상이거나 또는 굴절된 형상인 것인, 근접 방사선 치료 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 근접 방사선 치료계획 산출방법, 장치 및 프로그램, 및 근접 방사선 치료장치에 관한 것으로, 보다 자세하게는 체내에 삽입되어 방사선 조사위치와 조사방향이 제어되는 치료기구를 이용하여 근접 방사선 치료계획을 산출하는 방법, 장치 및 프로그램과 이를 포함하는 방사선 치료장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 암 환자에 대한 방사선 치료는 크게 두 종류로 구분할 수 있다. 환자의 몸 밖에 있는 방사선원으로부터 종양에 방사선을 전달하는 체외방사선치료와 환자의 몸 안에 들어간 방사선원으로부터 방사선을 전달하는 근접방사선치료이다.

[0003] 이중 근접방사선치료는 종양내부에 방사선원을 삽입하여 치료선량을 전달하기 때문에 종양에는 매우 높은 방사선량이 전달되지만 주변의 정상장기에 전달되는 방사선량은 크게 낮출 수 있는 장점이 있다.

[0004] 근접방사선치료에서는 신체 내로 삽입되는 치료기구를 통해 방사선원을 이동시켜 방사선을 조사하는데, 치료기구에 방사선 조사방향을 조절하여 3차원 방사선 세기를 조절할 수 있는 기술이 충분히 개발되어 있지 않은 문제가 있다. 또한, 근접방사선치료를 수행 시에도 정상조직에 미치는 선량을 최소화할 필요가 있으며, 근접방사선치료에 소요되는 시간을 최소화할 필요가 있으나, 이를 해결할 수 있는 방법이 없는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) WO 공개 제2015/023307호(2015년 2월 19일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 신체 내부에 치료기구를 삽입하여 근접 방사선 치료 수행 시에 타겟영역에 목표선량을 제공하면서, 방사선원 위치와 각도 변경을 최소화함에 따라 전체 치료시간을 최소화하는, 근접 방사선 치료계획 산출방법, 장치 및 프로그램, 및 근접 방사선 치료장치을 제공하고자 한다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법은, 컴퓨터가 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하되, 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향인, 방사선 조사지점 개수 획득단계; 컴퓨터가 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하되, 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것인, 타겟영역정보 획득단계; 및 컴퓨터가 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 치료계획 산출단계;를 포함한다.

[0009] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계는, 상기 타겟영역에 대한 복수의 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계는, 물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기를 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포를 몬테카를로 시뮬레이션법에 적용하여 계산한 결과를 환자 신체 모델 내의 각 방사선 조사 지점에 적용하여 방사선 조사 지점의 조사 시간 길이를 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 다른 일실시예로, 특정한 축방향의 직선을 따라 상기 방사선 조사위치가 이동되는 것을 특징으로 하며, 상기 치료계획 산출단계는, 상기 축방향의 기울어진 정보에 따라 상기 몬테카를로 계산결과를 보정하여 적용하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계는, 상기 방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 m X n 행렬인 커널행렬을 생성하는 단계; 특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하는 단계; 방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하는 단계; 상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하는 단계; 및 상기 그룹에 대응되는 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 상기 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 단계;를 더 포함한다.

[0013] 또한, 다른 일실시예로, 타겟영역 및 상이한 특성을 가지는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하는 단계;를 더 포함한다.

[0014] 또한, 다른 일실시예로, 상기 커널행렬 생성단계는, 각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬을 생성하고, 상기 조사시간 길이 조합 산출단계는, 각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬과 복셀선량행렬을 충족시키는 방사선 조사길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하고, 상기 개별 커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 동일한 열 개수를 가지는 것이다.

[0015] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계는, 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출하는 단계;를 더 포함한다.

[0016] 또한, 다른 일실시예로, 상기 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건은, 상기 조사시간 길이 조합 중에 L_0-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소인 것이다.

[0017] 또한, 다른 일실시예로, 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건은, 상기 개별커널행렬과 해당 그룹에 대한 조사시간 길이행렬의 곱과 각 그룹에 대한 이상적인 복셀선량행렬 간의 차이에 L_2-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소가 되는 것이다.

[0018] 본 발명의 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출프로그램은, 하드웨어와 결합되어 상기 언급된 근접 방사선 치료계획 산출방법을 실행하며, 매체에 저장된다.

[0019] 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출장치는, 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하는 방사선 조사지점 개수 획득부; 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하되 타겟영역정보 획득부; 및 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 치료계획 산출부;를 포함하고, 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는

것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이고, 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것이다.

[0020] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부는, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부는, 환자 신체모델에서 타겟영역과 각 신체조직에 해당하는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하고, 상기 방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 각각의 개별 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 개별 커널행렬을 생성하고, 특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 개별 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하고, 방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하고, 상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하고, 각 그룹에 대응되는 개별 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 각 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 것을 특징으로 하고, 상기 개별 커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 동일한 열개수를 가지는 것이다.

[0022] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부는, 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료장치는, 체내에 삽입되어 방사선 조사방향과 세기가 제어되는 치료기구; 및 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하고, 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하고, 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하고, 방사선 조사지점의 개수가 최소이고 정상조직에 대해 조사되는 선량이 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 제어수단;을 포함하되, 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이고, 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것이다.

발명의 효과

[0024] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 아래와 같은 다양한 효과들을 가진다.

[0025] 첫째, 근접 방사선 치료 계획을 최적화하여 환자의 근접 방사선 치료에 소요되는 시간을 최소화할 수 있다. 구체적으로, 방사선 치료기구를 환자 신체 내부에 삽입하는 횟수를 최소화하여 기구 삽입 횟수 증가에 따른 치료시간이 늘어나는 것을 방지할 수 있다. 즉, 근접 방사선 치료기구의 최소화된 삽입횟수로 타겟영역에 목표선량을 제공할 수 있어서, 많은 횟수의기구 삽입에 따른 환자의 불편과 시간 낭비를 해소할 수 있다. 또한, 방사선원의 이동 횟수와 방사선 조사 방향의 변경을 최소화하여 근접 방사선 치료 시에 치료에 소요되는 시간을 최소화할 수 있다. 방사선원의 방사선 조사 위치와 방향을 변경하는 시간을 줄일 수 있고, 방사선원 보충 등을 위해 체외로 방사선원을 배출하였다가 재삽입하는데 소요되는 시간을 줄일 수 있어서, 근접 방사선 치료 시간을 최소화할 수 있다.

[0026] 둘째, 환자 신체에 불필요한 방사선량이 제공되는 것을 방지할 수 있다. 구체적으로, 방사선 조사위치 변경과 조사방향 변경을 최소화하면서 타겟영역에 목표선량과 가까운 선량을 제공하고, 정상신체영역에 영향을 미치는 선량을 최소화할 수 있다. 또한, 방사선원 이동 횟수를 최소화하여, 방사선원의 이동 과정에 환자 내부에 제공되는 방사선에 의한 피폭량을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법의 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 이상적인 조건에서의 선량 분포를 나타낸 예시도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 행렬 기반으로 치료계획을 산출하는 과정에 대한 순서도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 이상적인 선량분포에서 각 신체영역에 대응되는 부분을 추출하는 과정을 나타낸 예시도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 타겟영역과 복수의 신체영역별로 커널행렬을 생성하여 행렬 기반으로 치료계획을 산출하는 과정에 대한 순서도이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따라 최적 조건의 조사시간 길이 조합을 산출하는 과정을 더 포함하는 치료계획을 산출하는 과정의 순서도이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 조사시간 길이조합에 ⅰ)L_k-norm 알고리즘을 적용하지 않은 경우, ⅱ)L_1-norm 알고리즘을 적용한 경우, ⅲ) L_0-norm 알고리즘을 적용한 경우의 방사선 조사 횟수와 방사선을 조사하는 총 시간길이를 비교한 예시도면이다.

도 8는 본 발명의 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출장치의 내부 구성도이다.

도 9은 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료장치의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 게시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0029] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0030] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0031] 본 명세서에서 '근접 방사선 치료기구'는 신체 내부에 방사선원이 삽입되어 수행되는 근접 방사선 치료에 이용되는 치료기구를 모두 포함한다. 특히, '근접 방사선 치료기구'는 방사선이 조사되는 위치와 방사선이 조사되는 방향을 모두 제어 가능한 기구를 포함한다. 또한, '치료기구'는 다양한 형태로 형성될 수 있어서, 가늘고 긴 형상 또는 굴절된 형상 등이 될 수 있다.

[0032] 본 명세서에서 '컴퓨터'는 연산처리를 수행하는 다양한 장치들이 모두 포함된다. 예를 들어, 컴퓨터는 데스크탑 PC, 노트북(Note Book) 뿐만 아니라 스마트폰(Smart phone), 태블릿 PC, 셀룰러폰(Cellular phone), 피씨에스폰(PCS phone; Personal Communication Service phone), 동기식/비동기식 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)의 이동 단말기, 팜 PC(Palm Personal Computer), 개인용 디지털 보조기(PDA; Personal Digital Assistant) 등도 해당될 수 있다. 또한, 컴퓨터는 의료영상을 획득하거나 관찰하는 의료장비도 해당될 수 있다. 또한, 컴퓨터는 다양한 클라이언트 컴퓨터와 연결되는 서버 컴퓨터가 해당될 수 있다.

[0033] 본 명세서에서 '의료영상데이터'는 의료영상촬영장치에 의해 획득되는 영상을 의미한다. '의료영상데이터'는 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging), 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography) 영상 등을 포함할 수 있다.

[0034] 본 명세서에서, '타겟영역'은 방사선 조사를 통해 치료하고자 하는 대상영역을 의미한다. 예를 들어, '타겟영역'은 방사선이 조사되어야 하는 종양(Tumor) 영역이 해당될 수 있다.

[0035] 본 명세서에서, '개별 그룹'은 타겟영역, 각각의 신체조직 별로 나누어진 복셀 그룹을 의미한다.

[0036] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 실시예들에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법, 산출장치, 산출프로그램 및 근접 방사선 치료장치에 대해 설명한다.

[0037] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법의 순서도이다.

[0038] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법은, 컴퓨터가 방사선 조사 정보를

기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하는 단계(S200; 방사선 조사지점 개수 획득단계); 컴퓨터가 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하는 단계(S400; 타겟영역정보 획득단계); 및 컴퓨터가 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출하는 단계(S600; 치료계획 산출단계);를 포함한다. 이하, 각 단계에 대한 상세한 설명을 기재한다.

[0039] 컴퓨터가 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득한다(S200; 방사선 조사지점 개수 획득단계). 상기 방사선 조사 정보는 근접 방사선 치료기구의 방사선 소스(즉, 방사선원)가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이다.

[0040] 상기 근접 방사선 치료기구는 방사선 조사위치와 조사방향을 변경할 수 있는 다양한 형태가 될 수 있다. 일실시예로, 상기 근접 방사선 치료기구는 특정한 축방향의 직선을 따라 상기 방사선 조사위치가 이동되는 것일 수 있다. 즉, 상기 근접 방사선 치료기구는 전체적으로 가늘고 긴 형상으로 형성될 수 있다. 또한, 다른 일실시예로, 상기 근접 방사선 치료기구는, 구부러진 신체부위에 삽입하기 위해, 굴절된 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 자궁암과 같은 위치의 종양에 방사선을 조사하기 위해서 신체구조에 부합하게 굴절된 형태의 치료기구를 사용해야 하므로, 상기 근접 방사선 치료기구는 특정위치에서 구부러진 구조 또는 제1구조체와 제2구조체가 특정한 각도로 연결된 구조로 형성될 수 있다.

[0041] 일실시예로, 방사선이 방사되는 영역이 가늘고 긴 형상으로 된 근접 방사선 치료기구는 환자 신체 내의 특정한 축 상에 배치된다. 컴퓨터는 근접 방사선 치료기구가 실제로 치료상황에서 배치될 축 상에 배치되는 것을 가정하여 치료계획을 수행하기 위한 방사선 조사 정보를 획득한다. 예를 들어, 컴퓨터는, 자궁암 환자의 자궁 내 종양에 방사선을 조사하는 경우, z축 방향과 평행하게 근접 방사선 치료기구를 배치한다. 컴퓨터는 근접 방사선 치료기구가 z축과 평행하게 배치되었을 때 신체 내부 관의 중앙에 근접 방사선 치료기구가 배치될 수 있도록 미리 환자 신체모델을 회전 보정할 수 있다.

[0042] 또한, 상기 근접 방사선 치료기구는, 길이 방향을 따라 길게 연장된 내부공간의 각각의 조사위치에 방사선원이 배치되어 치료가 필요한 타겟영역 쪽으로 방사선을 조사하게 된다. 방사선원은 외부의 근접 방사선 치료기구에 마련되어 있는 가늘고 긴 와이어의 단부에 연결되어 있으며 방사선을 방출한다. 즉, 방사선원은 근접 방사선 치료기구의 가늘고 긴 형상 내부에 형성되어 있는 수용공간에 위치하게 된다.

[0043] 또한, 상기 근접 방사선 치료기구는 방사선이 외부로 노출될 수 있는 방향이 조절할 수 있는 구조로 형성될 수 있다. 상기 근접 방사선 치료기구는 사용자가 외부에서 조작부를 회전하거나 구동부의 회전에 의해 방사선 조사방향을 변화시킨다.

[0044] 구체적으로, 방사선 조사위치와 조사방향을 변경하면서 치료를 수행하는 경우, 컴퓨터는 가늘고 긴 형상의 근접 방사선 치료기구 내에서 방사선이 조사되어야 하는 위치(즉, 방사선 조사 위치)를 설정한다. 예를 들어, 컴퓨터는 방사선이 조사될 수 있는 전체 구간을 등간격으로 나누어서 복수의 방사선 조사위치를 설정할 수 있다. 자궁암 종양 치료를 위해 근접 방사선 치료가 수행되는 경우, 컴퓨터는 환자의 자궁 영역에 배치된 근접 방사선 치료기구에서 2.5㎜ 간격으로 방사선 조사위치를 설정할 수 있다. 그 후, 컴퓨터는 근접 방사선 치료기구가 회전 가능한 각도범위를 특정한 기준단위로 분할하여 방사선 조사 방향의 개수를 설정한다. 예를 들어, 근접 방사선 치료기구가 360도 전체를 회전할 수 있는 경우, 컴퓨터는 기준방향(예를 들어, 환자 신체의 정 우측방향)에서 360도를 특정한 기준단위 각도(예를 들어, 30도)로 분할하여 12개의 조사방향을 설정한다. 이를 통해, 컴퓨터는 설정된 방사선 조사 위치와 방사선 조사 방향을 통해 방사선 조사지점 전체를 설정한다. 상기 방사선 조사지점은 방사선 조사위치 조건과 방사선 조사방향 조건이 결합된 방사선 조사 조건(즉, 특정한 방사선원의 배치 위치에서의 특정한 각도방향 정보)이다. 또한, 컴퓨터는 방사선 조사 위치의 개수와 방사선 조사 방향의 개수를 통해 전체 방사선 조사지점의 개수를 산출한다

[0045] 컴퓨터가 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득한다(S400; 타겟영역정보 획득단계). 상기 환자 신체모델을 다양한 의료영상데이터를 기반으로 생성될 수 있다. 일실시예로, 의료영상데이터로 CT 영상데이터를 이용하는 경우, 컴퓨터는 특정한 하운스필드 단위값을 통해 신체 밀도 분포를 확인하여 환자 신체모델을 생성할 수 있다. 즉, 환자 신체모델은 특정한 의료영상데이터를 기반으로 생성된 3차원 환자신체데이터이다.

[0046] 컴퓨터는 환자 신체모델에서 타겟영역을 추출하고, 타겟영역 정보를 획득한다. 상기 타겟영역은 환자 신체 내부에서 방사선 치료가 이루어져야 하는 영역으로, 종양영역이 해당될 수 있다. 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영

역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것이다. 예를 들어, 타겟영역 정보는 타겟영역에 포함된 복셀 개수, 위치값(예를 들어, 기준 위치로부터의 벡터값) 등을 포함할 수 있다.

[0047] 또한, 다른 일실시예로, 컴퓨터는 환자 신체모델에서 복수의 신체부위에 대한 정보를 획득한다. 근접 방사선 치료를 통해 타겟영역에 방사선 치료를 하는 과정에서 근접 방사선 치료기구로부터 타겟영역에 이르는 경로 상이나 상기 타겟영역 주변의 정상인 신체부위에도 방사선이 미치게 되므로, 복수의 정상신체영역을 추출하여 정상신체영역 정보를 생성한다. 이 때, 각 신체부위마다 방사선에 대한 특성(즉, 신체밀도)에 차이가 있으므로, 컴퓨터는 상이한 신체부위를 복수의 정상신체영역으로 분리한다.

[0048] 또한, 일실시예로, 컴퓨터는, 후술되는 바와 같이, 추출된 타겟영역과 복수의 정상신체영역을 개별 그룹으로 설정하여 근접 방사선 치료계획을 산출(예를 들어, 타겟영역에는 원하는 선량을 제공하고 정상신체영역에는 선량을 최소화)할 수 있다.

[0049] 컴퓨터가 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출한다(S600; 치료계획 산출단계). 컴퓨터는 타겟영역에 선량을 제공하면서 정상조직에 미치는 선량을 최소화하는 하나 이상의 방사선 조사지점을 추출한다. 즉, 컴퓨터는 정상조직에는 선량이 적게 영향을 미치면서 타겟영역에 선량을 제공할 수 있는 방사선 조사 위치와 방향을 산출한다. 그리고, 방사선원이 삽입된 이후에 방사선원의 세기 자체를 조절할 수 없으므로, 컴퓨터는 삽입되는 특정한 세기의 방사선을 조사하는 방사선원으로 특정한 방사선 조사지점에서 조사되는 시간을 조절하여 신체 내부로 제공되는 선량을 조절한다.

[0050] 컴퓨터는 타겟영역 정보에 부합하게 근접 방사선 치료를 수행할 수 있는 여러 개의 조사시간 길이 조합을 산출할 수 있다. 타겟영역 정보와 정상신체영역 정보를 활용하여 치료계획을 산출하는 경우에도, 컴퓨터는 여러 개의 조사시간 길이 조합을 산출할 수 있다. 사용자는 여러 개의 조사시간 길이 조합 중에서 선택하여 실제 근접 방사선 치료에 적용할 수도 있고, 컴퓨터가 정상조직에 제공되는 선량을 최소화하고 치료시간 길이를 최소화할 수 있는 특정한 조사시간 길이 조합을 제공하여 이를 이용하여 치료를 수행할 수 있다.

[0051] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계(S600)는, 상기 타겟영역에 대한 복수의 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조사시간 길이 조합을 산출한다. 구체적으로, 의료진이 방사선 세기 자체를 조절하기 위해 방사선원을 배출한 후 방사선 세기를 조절하여 다시 삽입하는 과정이 늘어나면 근접 방사선 치료를 수행하는 전체 시간이 길어지게 된다. 즉, 기구 내에 방사성물질을 삽입하는 과정을 반복할수록 치료에 걸리는 시간이 길어진다. 또한, 하나의 방사선원을 이용하더라도 이동되는 방사선 조사지점이 늘어나면, 방사선 조사지점을 변경하는 과정에 소요되는 시간이 늘어나서 전체 치료시간이 길어지게 된다. 또한, 방사선 조사지점이 늘어나면, 방사선원의 이동과정에서 환자의 내부 피복 가능성도 증가하게 된다. 따라서, 방사선원을 외부로 빼는 횟수를 최소화하고 방사선 조사지점을 변경하는 횟수를 줄여야 근접 방사선 치료의 전체 시간이 줄어들게 된다. 이를 위해, 방사선 자체의 세기는 동일하게 한 상태로 특정한 방사선 조사지점에서 대응되는 방향으로 방사선이 조사되는 시간의 길이를 조절하는 방식을 적용하고, 컴퓨터는 방사선 조사지점 개수가 최소가 되는 조건을 탐색하게 된다.

[0052] 또한, 하나 이상의 방사선 조사지점에서의 조사시간 길이 조합을 산출하는 방식으로는 다양한 방식이 적용될 수 있다. 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계(S600)는, 이상적인 조건(예를 들어, 물이 채워진 큐브형태의 수조 내에서 방사선을 조사하는 조건)에서 특정한 방향으로 방사선이 조사된 몬테카를로 계산결과를 상기 환자 신체모델 내의 각 방사선 조사지점에 적용하여 상기 조사시간 길이를 산출한다. 즉, 컴퓨터는 물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기를 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포를 몬테카를로 시뮬레이션법에 적용하여 계산한 결과를 환자 신체 모델 내의 각 방사선 조사 지점에 적용하여 방사선 조사 지점의 조사 시간 길이를 산출한다. 상기 몬테카를로 계산결과는, 도 2에서와 같이, 물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기 조건을 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포 결과이다. 사람 신체의 대부분이 물로 되어 있으므로, 물에 대해 적용된 이상적인 몬테카를로 계산결과를 각각의 방사선 조사지점에 적용함에 따라, 컴퓨터는 방사선이 조사되어야 하는 하나 이상의 조사지점을 추출해낼 수 있고, 타겟영역에 원하는 선량을 제공하기 위한 각 조사지점의 조사시간 길이를 산출한다.

[0053] 또한, 다른 일실시예로, 상기 축방향의 기울어진 정보에 따라 상기 몬테카를로 계산결과를 보정하여 적용한다. 신체장기의 배치상태를 기반으로 몬테카를로 계산결과를 획득한 배치방향과 치료 시에 방사선이 조사되는 방향이 맞지 않을 수 있다. 따라서, 몬테카를로 계산을 수행할 때와 실제 치료 시의 근접 방사선 치료 기구가 배치된 축방향을 일치시키기 위해 이상적인 방사선 선량 분포 이미지 또는 환자 신체모델을 보정할 수 있다. 구체적

으로, 특정한 관 형상의 신체 부위에 근접 방사선 치료 기구가 삽입되는 되는 경우, 컴퓨터는 관 형상의 신체부위의 중심축과 평행한 축과 몬테카를로 계산 시에 근접 방사선 치료기구가 놓인 축을 일치시키도록 이상적인 방사선 선량 분포 이미지 또는 환자 신체모델을 회전한다.

[0054] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출단계(S600)는, 행렬을 이용하여 조사시간 길이 조합을 산출하는 과정을 수행할 수 있다. 이하, 행렬 기반의 치료계획 산출 과정을 상세히 설명한다.

[0055] 행렬 기반으로 치료계획을 산출하는 과정의 일실시예로, 도 3에서와 같이, 상기 방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 m X n 행렬인 커널행렬을 생성하는 단계(S620); 특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하는 단계(S640); 방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하는 단계(S660); 상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하는 단계(S670); 및 상기 그룹에 대응되는 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 상기 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 단계(S680);를 더 포함한다.

[0056] 먼저, 컴퓨터가 상기 방사선조사지점 개수를 열 개수인 n(n은 자연수)으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m(m은 자연수)으로 설정하여 m X n 행렬인 커널행렬을 생성한다(S620). 컴퓨터는 n개의 방사선 조사지점을 각 열에 매칭하는 순서를 결정하고, 특정한 그룹 내의 m개의 복셀을 각 행에 매칭하는 순서를 결정한다. 방사선조사지점 개수에 해당하는 n은, 상술된 바와 같이, 방사선 조사위치 개수와 방사선 조사 방향 개수의 곱으로 계산된다. 예를 들어, 12개의 방사선 조사위치 개수가 이용되고 360도를 단위각도인 15도 간격으로 분할하여 24개의 방사선 조사방향 개수를 이용하는 경우, 컴퓨터는 n을 288이 된다.

[0057] 그 후, 컴퓨터가 특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 커널행렬 내의 행렬값으로 적용한다(S640). 상기 복셀의 특성값은 특정한 방사선 조사지점에 몬테카를로 계산결과를 적용하였을 때 해당 복셀에 단위시간 동안 제공되는 선량값이다. 도 4에서와 같이, 컴퓨터는 특정한 방사선 조사지점에 이상적인 선량 분포(예를 들어, 물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기를 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포)를 적용한 후 타겟영역 부분을 추출하고, 각 복셀에 대한 선량값을 획득하여 복셀의 특성값으로 적용한다.

[0058] 그 후, 컴퓨터가 방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성한다(S660). 상기 복셀 순서 부여 규칙은, 각 행에 배정되는 복셀 순서를 정한 것이다. 즉, 컴퓨터가 커널행렬에서 각 행에 적용한 것과 동일한 매칭 순서를 복셀선량행렬에 적용한다. 상기 복셀선량행렬 내의 행렬값은 방사선 치료를 달성하기 위해 각각의 복셀에 조사되어야 하는 총 선량(즉, 목표선량)이다.

[0059] 그 후, 컴퓨터가 상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성한다(S670). 즉, 컴퓨터는 각 방사선 조사지점에서 방사선을 조사하면서 머무르는 시간(Dwelling Time)값을 변수로 하는 행렬을 생성한다. 컴퓨터는 커널행렬에 적용한 것과 동일한 방사선 조사지점 순서를 조사시간 길이 행렬에 적용한다.

[0060] 그 후, 컴퓨터가 상기 그룹에 대응되는 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 상기 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출한다(S680). 상기 조사시간 길이 조합은 방사선이 조사되어야 하는 방사선 조사지점의 정보(즉, 위치 및 방향)와 해당 조사지점에서의 조사시간 길이 정보를 포함하는 것이다. 구체적으로, 조사시간 길이 조합은 행렬식 계산을 통해 산출된 조사시간 길이행렬의 계산값이므로, 컴퓨터는 0이 아닌 행렬값이 나타나는 열 번호를 통해 방사선 조사지점 정보를 파악할 수 있고, 해당 행렬값 자체로 해당 방사선 조사지점에서의 조사시간 길이를 파악할 수 있다. 근접 방사선 치료 시에 복수의 방사선 조사지점을 포함함에 따라 조사시간 길이 행렬에 복수 개의 변수를 포함하므로, 컴퓨터는 행렬식을 만족하는 조사시간 길이 조합을 여러 개 산출할 수 있다.

[0061] 또한, 다른 일실시예로, 도 5에서와 같이, 타겟영역 및 상이한 특성을 가지는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하는 단계(S610);를 더 포함한다. 즉, 근접 방사선 치료 시에 영향을 받는 복수의 정상신체영역과 치료가 수행되어야 하는 타겟영역이 상이한 밀도 특성을 가지고 있으므로, 개별 그룹으로 분할한다.

[0062] 컴퓨터는 복수의 정상신체영역과 타겟영역을 개별그룹으로 분할한 후, 상기 커널행렬 생성단계(S620)에서, 각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬을 생성한다. 그 후, 컴퓨터는, 상기 조사시간 길이 조합 산출단계(S680)에서, 각 개별 그룹에 대한 개별 커널행렬과 복셀선량행렬을 충족시키는 방사선 조사길이 조합을 산출한다. 상기 개별

커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 모두 동일한 열개수를 가진다. 컴퓨터는 동일한 방사선 조사지점 조건을 커널행렬과 조사시간 길이행렬에 적용하여, 각각의 개별 커널행렬과 복셀선량행렬을 통해 산출된 조사시간 길이 행렬을 더하여 각 방사선 조사지점에서의 최종적인 조사시간이 계산할 수 있다. 또한, 상기 개별 커널행렬은 상이한 영역(즉, 정상신체영역 또는 타겟영역)에 대해 계산되므로 해당 영역이 포함하는 복셀 개수에 따라 상이한 m값을 가질 수 있다.

[0063] 또한, 다른 일실시예로, 도 6에서와 같이, 상기 치료계획 산출단계(S600)는, 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출하는 단계(S690);를 더 포함한다. 즉, 컴퓨터는 원하는 방사선 치료 효과와 함께 정상영역에 대한 손상을 최소화하고, 치료시간을 최소화하는 조사시간 길이 조합을 산출한다. 구체적으로, 상술된 바와 같이, 컴퓨터는 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건을 탐색하여 방사선 치료 시간이 최소화되는 조사시간 길이 조합을 산출할 수 있다. 또한, 컴퓨터는 타겟영역에 대해서는 원하는 목표선량에 근접하고 다른 정상신체영역에는 0에 가까운 선량이 미치도록 하는 조건을 산출하여, 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조사시간 길이조합을 산출한다.

[0064] 일실시예로, 컴퓨터는 행렬 연산을 사용하여 ⅰ)방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 ⅱ)상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 산출한다.

[0065] 상기 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건은, 조사시간 길이행령에 L_k-norm 알고리즘(k는 0보다 크거나 같고 1보다 작거나 같은 실수)을 적용하여 탐색할 수 있다. 일실시예로, 상기 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건은, 복수의 조사시간 길이 조합 중에 L_0-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소인 것이다. 상기 L_0-norm 알고리즘은 특정한 행렬 내에 0이 아닌 행렬값을 1로 처리하여 합산하는 것으로서, 0이 아닌 행렬값의 개수를 파악할 수 있다. 즉, 조사시간 길이행렬에서 0이 아닌 행렬값이 방사선 조사가 필요한 지점이므로, 0이 아닌 행렬값의 개수가 최소가 되면 방사선 조사지점의 개수가 최소가 된다. 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되면, 실제 방사선이 조사되어 치료가 이루어지는 시간 이외에 방사선원의 위치 변경이나 조사방향 변경을 위해 소요되는 시간이 최소가 되어서 전체 치료에 소요되는 시간이 최소화된다.

[0066] 도 7에서와 같이, L_1-norm 알고리즘을 적용하는 경우와 L_0-norm 알고리즘을 적용하는 경우를 비교하면, 전체 조사시간 길이의 합은 크게 차이가 나지 않으나, L_0-norm 알고리즘을 적용한 경우에 방사선 조사지점의 개수가 더 적은 결과를 도출한다. 즉, L_1-norm 알고리즘을 적용하는 경우와 L_0-norm 알고리즘을 적용하는 경우에 실제 방사선이 조사되는 시간길이는 비슷하지만, L_0-norm 알고리즘을 적용하였을 때 방사선원을 이동하거나 조사방향을 변경하기 위해 소요되는 시간과 방사선 조사 횟수가 늘어남에 따라 방사선원을 신체 외부로 배출한 후 다시 삽입하는데 소요되는 시간이 줄어서 전체 치료시간이 감소하게 되고, 방사선원을 배출하고 삽입할 때 발생하는 내부 피폭량도 감소하게 된다.

[0067] 또한, 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건은, 상기 개별커널행렬과 해당 그룹에 대한 조사시간 길이행렬의 곱과 각 그룹에 대한 이상적인 복셀선량행렬(예를 들어, 물 속에서 실제 치료에 적용될 방사선 세기를 특정한 방향으로 적용하였을 때 획득되는 선량 분포를 몬테카를로 시뮬레이션법에 적용하여 계산한 결과를 바탕으로 생성한 복셀선량행렬) 간의 차이에 L_2-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소가 되는 것이다. 상기 이상적인 복셀선량행렬은, 타겟영역 그룹에 대해서는 각 복셀에 제공되어야 하는 선량값을 행렬값으로 포함하는 것이고, 정상신체영역 그룹에 대해서는 행렬값 전체가 0인 것이다. 따라서, 상기 개별커널행렬과 해당 그룹에 대한 조사시간 길이행렬의 곱과 각 그룹에 대한 이상적인 복셀선량행렬 간의 차이에 L_2-norm 알고리즘을 적용한 값이 최소가 되면, 타겟영역에 대해서는 원하는 선량값(즉, 목표선량)과 근사하게 되고 정상신체영역에 대해서는 최소 선량이 미치게 된다.

[0068] 따라서, ⅰ)방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건(제1 조건) 및 ⅱ)상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건(제2 조건)을 모두 충족하는 조사시간 길이조합을 산출하기 위해, 컴퓨터는 ⅰ)조사시간 길이 조합 중에 L_0-norm 알고리즘을 적용한 결과값과 ⅱ)각 그룹에 대한 개별 커널행렬과 해당 그룹에 대한 조사시간 길이행렬의 곱과 해당 그룹에 대한 이상적인 복셀선량행렬 간의 차이에 L_2-norm 알고리즘을 적용한 값의 합을 더한 최종 계산값이 최소가 되는 조사시간 길이조합을 산출한다. 컴퓨터가 행렬 연산 기반으로 상기 제1 조건과 상기 제2 조건을 만족하는 조사시간 길이 조합을 산출하는 수식은 다음과 같다.

[0069] [수식 1]

$$\min_{x} \sum_{i=1}^{N} \alpha_i \| A_i x - d_i \|_2^2 + \lambda \| x \|_0$$

d_i: 그룹 i에 대한 이상적인 선량분포
A_i: 그룹 i에 대한 개별 커널행렬 x: 조사시간 길이
α_i: 그룹 i에 대한 중요도 지수
λ: 그룹 i에 대한 중요도 지수

[0070]

[0071] 도 8는 본 발명의 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출장치의 내부 구성도이다.

[0072] 도 8를 참조하면, 본 발명의 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출장치는, 방사선 조사지점 개수 획득부(100); 타겟영역정보 획득부(200); 및 치료계획 산출부(300);를 포함한다. 이하, 각 구성과 관련하여 기 설명된 내용은 생략한다.

[0073] 상기 방사선 조사지점 개수 획득부(100)는 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득한다. 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이다.

[0074] 상기 타겟영역정보 획득부(200)는 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득한다. 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것이다.

[0075] 상기 치료계획 산출부(300)는 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이를 산출한다.

[0076] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부(300)는, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출한다.

[0077] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부(300)는, 환자 신체모델에서 타겟영역과 각 신체조직에 해당하는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하고, 상기 방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 각각의 개별 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 개별 커널행렬을 생성하고, 특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 상기 개별 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하고, 방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하고, 상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하고, 각 그룹에 대응되는 개별 커널행렬과 상기 조사시간 길이행렬의 곱이 각 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출한다. 상기 개별 커널행렬은 동일한 방사선조사지점 조건을 적용하여 동일한 열개수를 가지는 것이다.

[0078] 또한, 다른 일실시예로, 상기 치료계획 산출부(300)는, 조사시간 길이 조합 중에서, 방사선 조사지점의 개수가 최소가 되는 조건 및 상기 타겟영역 이외의 영역에 대한 선량이 최소가 되는 조건을 충족하는 조합을 추출한다.

[0079] 도 9은 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료장치의 구성도이다.

[0080] 도 9을 참조하면, 본 발명의 또 다른 일실시예에 따른 근접 방사선 치료장치(1)는, 제어수단(10); 및 근접 방사선 치료기구(20);를 포함한다. 이하, 구성과 관련하여 기 설명된 내용은 생략한다.

[0081] 상기 근접 방사선 치료기구(20)은 체내에 삽입되어 방사선 조사방향과 세기가 제어되는 것이다.

[0082] 상기 제어수단(10)은 방사선 조사 정보를 기반으로 방사선 조사지점의 개수를 획득하고, 환자의 의료영상데이터를 기반으로 생성된 환자 신체모델에서 타겟영역 정보를 획득하고, 상기 방사선 조사정보와 상기 타겟영역 정보를 기반으로, 방사선이 조사되는 방사선 조사지점과 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하고, 방사선 조사지점의 개수가 최소이고 정상조직에 대해 조사되는 선량이 최소가 되는 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출한다. 상기 방사선 조사 정보는 방사선 소스가 배치 가능한 위치의 개수와 각도 변경단위를 포함하는 것이고, 상기 방사선 조사지점은 특정한 소스 위치에서의 특정한 각도방향이고, 상기 타겟영역 정보는 상기 타겟영역에 포함된 복셀의 공간 상 배치정보를 포함하는 것이다.

[0083] 이상에서 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 근접 방사선 치료계획 산출방법은, 하드웨어인 컴퓨터와 결합되어 실행되기 위해 프로그램(또는 어플리케이션)으로 구현되어 매체에 저장될 수 있다.

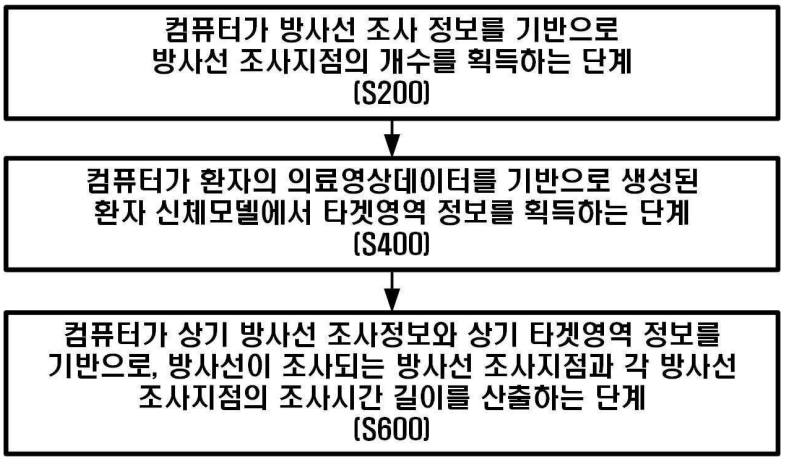
[0084] 상기 전술한 프로그램은, 상기 컴퓨터가 프로그램을 읽어 들여 프로그램으로 구현된 상기 방법들을 실행시키기 위하여, 상기 컴퓨터의 프로세서(CPU)가 상기 컴퓨터의 장치 인터페이스를 통해 읽힐 수 있는 C, C++, JAVA, 기계어 등의 컴퓨터 언어로 코드화된 코드(Code)를 포함할 수 있다. 이러한 코드는 상기 방법들을 실행하는 필요한 기능들을 정의한 함수 등과 관련된 기능적인 코드(Functional Code)를 포함할 수 있고, 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 소정의 절차대로 실행시키는데 필요한 실행 절차 관련 제어 코드를 포함할 수 있다. 또한, 이러한 코드는 상기 기능들을 상기 컴퓨터의 프로세서가 실행시키는데 필요한 추가 정보나 미디어가 상기 컴퓨터의 내부 또는 외부 메모리의 어느 위치(주소 번지)에서 참조되어야 하는지에 대한 메모리 참조관련 코드를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 컴퓨터의 프로세서가 상기 기능들을 실행시키기 위하여 원격(Remote)에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 통신이 필요한 경우, 코드는 상기 컴퓨터의 통신 모듈을 이용하여 원격에 있는 어떠한 다른 컴퓨터나 서버 등과 어떻게 통신해야 하는지, 통신 시 어떠한 정보나 미디어를 송수신해야 하는지 등에 대한 통신 관련 코드를 더 포함할 수 있다.

[0085] 상기 저장되는 매체는, 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 구체적으로는, 상기 저장되는 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있지만, 이에 제한되지 않는다. 즉, 상기 프로그램은 상기 컴퓨터가 접속할 수 있는 다양한 서버 상의 다양한 기록매체 또는 사용자의 상기 컴퓨터상의 다양한 기록매체에 저장될 수 있다. 또한, 상기 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장될 수 있다.

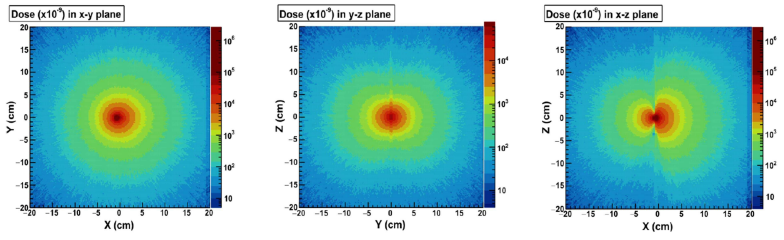
[0086] 이상, 첨부된 도면을 참조로 하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며, 제한적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

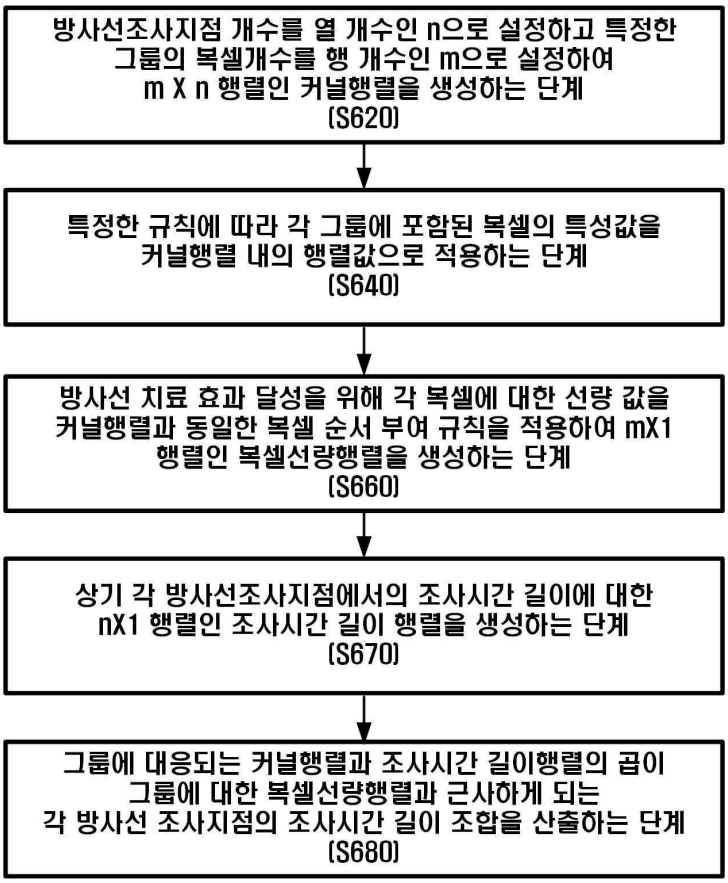
도면1



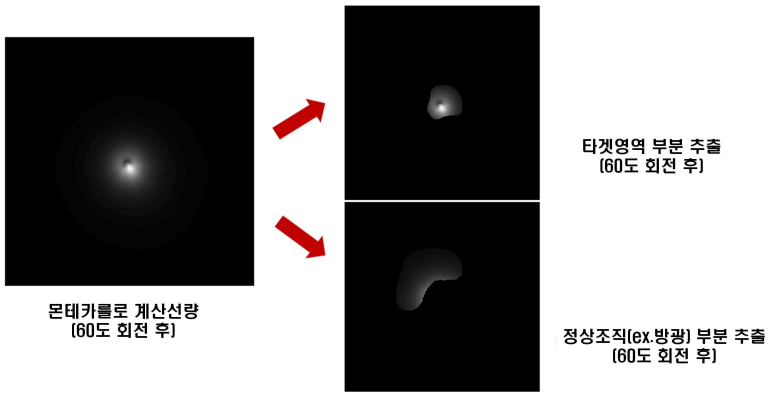
도면2



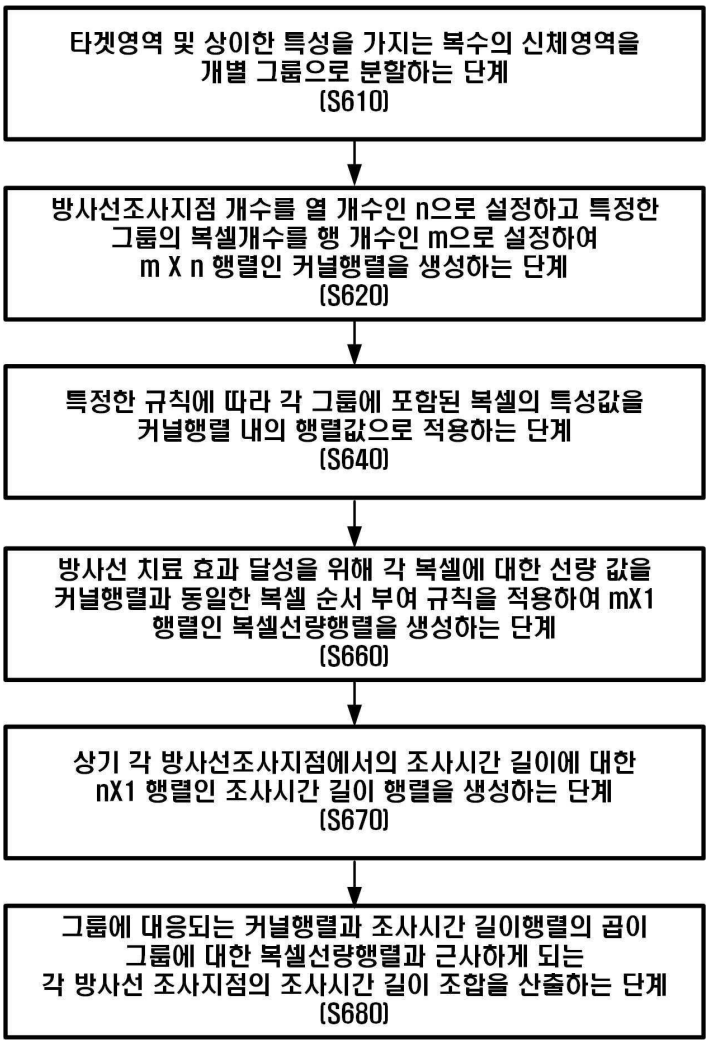
도면3


방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 m X n 행렬인 커널행렬을 생성하는 단계 (S620)
특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하는 단계 (S640)
방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하는 단계 (S660)
상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하는 단계 (S670)
그룹에 대응되는 커널행렬과 조사시간 길이행렬의 곱이 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 단계 (S680)

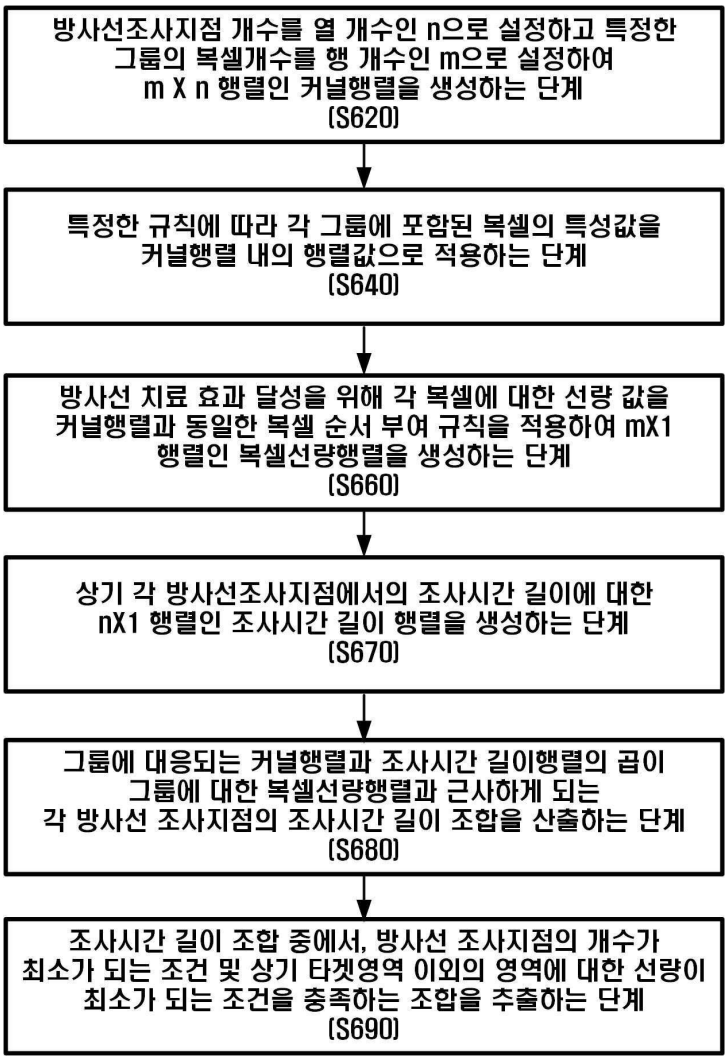
도면4


몬테카를로 계산선량 (60도 회전 후)
타겟영역 부분 추출 (60도 회전 후)
정상조직(ex.방광) 부분 추출 (60도 회전 후)

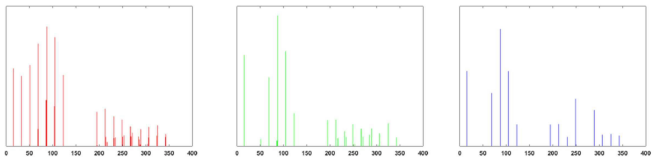
도면5


타겟영역 및 상이한 특성을 가지는 복수의 신체영역을 개별 그룹으로 분할하는 단계 (S610)
방사선조사지점 개수를 열 개수인 n으로 설정하고 특정한 그룹의 복셀개수를 행 개수인 m으로 설정하여 m X n 행렬인 커널행렬을 생성하는 단계 (S620)
특정한 규칙에 따라 각 그룹에 포함된 복셀의 특성값을 커널행렬 내의 행렬값으로 적용하는 단계 (S640)
방사선 치료 효과 달성을 위해 각 복셀에 대한 선량 값을 커널행렬과 동일한 복셀 순서 부여 규칙을 적용하여 mX1 행렬인 복셀선량행렬을 생성하는 단계 (S660)
상기 각 방사선조사지점에서의 조사시간 길이에 대한 nX1 행렬인 조사시간 길이 행렬을 생성하는 단계 (S670)
그룹에 대응되는 커널행렬과 조사시간 길이행렬의 곱이 그룹에 대한 복셀선량행렬과 근사하게 되는 각 방사선 조사지점의 조사시간 길이 조합을 산출하는 단계 (S680)

도면6



도면7

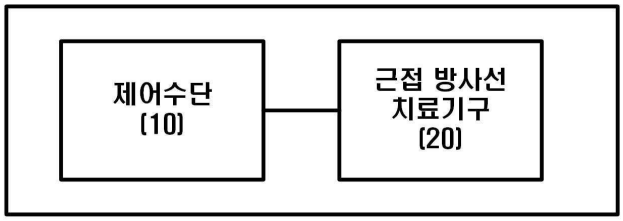


	No constraints	L1-norm	L0-norm
0이 아닌 값의 개수	35	22	13
조사시간의 총합	924	919	917

도면8


방사선 조사지점 개수 획득부
(100)
타겟영역정보 획득부
(200)
치료계획 산출부
(300)

도면9


제어수단
(10)
근접 방사선
치료기구
(20)

1