(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0055616
(43) 공개일자 2023년04월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 5/10 (2006.01) *G16H 40/40* (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61N 5/1075 (2013.01)
A61N 5/1071 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0139202
(22) 출원일자 2021년10월19일
심사청구일자 2021년10월19일

(71) 출원인
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
제주대학교병원
제주특별자치도 제주시 아란13길 15 (아라일동)
(72) 발명자
김동욱
서울 서대문구 증가로 27-5 103호
안소현
서울 도봉구 해등로 231 8-1502
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인비엘티

전체 청구항 수 : 총 17 항

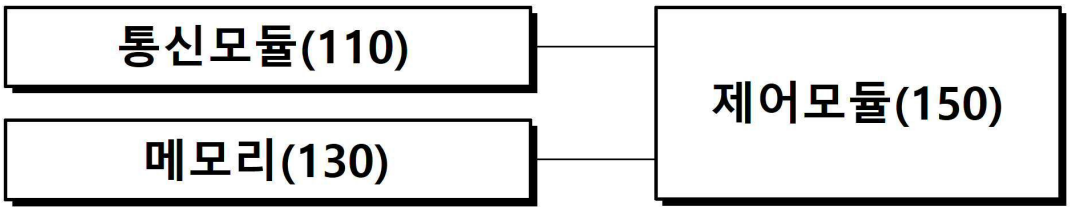
(54) 발명의 명칭 **치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치에 있어서, 통신모듈; 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 적어도 하나의 프로세스를 저장하는 메모리; 및 상기 적어도 하나의 프로세스를 기반으로 상기 치료용

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



100

선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 동작을 수행하는 제어모듈을 포함하며, 상기 제어모듈은, 상기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하고, 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 상기 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하고-상기 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함함-, 상기 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공하며, 상기 차폐 평가를 수행할 시, 상기 DICOM 파일로부터 IMRT 인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인하고, 상기 차폐현황정보는, 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G16H 40/40 (2021.08)
A61N 2005/1094 (2013.01)
(72) 발명자
한민철
서울 강동구 고덕로97길 29 903동 701호
최동혁
서울 서대문구 봉원사길 38 A103호
백승협
서울 서대문구 연희로10길 79-18, 303호
권나혜
서울 서대문구 경기대로 26-26
최상현
경기도 남양주시 백봉로 32 두산알프하임 126-801
안우상
강원도 강릉시 사천면 방동길 38, 방사선종양학과(강릉아산병원)
박소현
제주특별자치도 제주시 아란13길 15

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1075001153
과제번호	2003013-0221-SB120
부처명	원자력안전위원회
과제관리(전문)기관명	(재단)한국원자력안전재단
연구사업명	안전규제요소·융합기술개발(R&D)
연구과제명	치료용 선형가속기 사용시설 차폐 평가 및 관리를 위한 안전규제 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345314455
과제번호	2018R1D1A1B07050217
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명	고-분해능 방사선치료선량 평가를 위한 방사선 고강도 반도체 센서 개발 및 이용
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치에 있어서,

통신모듈;

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 적어도 하나의 프로세스를 저장하는 메모리; 및

상기 적어도 하나의 프로세스를 기반으로 상기 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 동작을 수행하는 제어모듈을 포함하며,

상기 제어모듈은, 상기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하고, 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 상기 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하고-상기 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함함-, 상기 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공하며,

상기 차폐 평가를 수행할 시, 상기 DICOM 파일로부터 IMRT 인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인하고,

상기 차폐현황정보는, 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어모듈은,

환자 치료 시 처방된 흡수선량 대비 IMRT 치료 시 방사선 조사량의 증가 비율을 상기 IMRT 인자로서 산출하고,

동일인이 상기 선형가속기의 운영시간 대비 해당 공간에서 머무는 시간을 주간 평균한 것을 상기 점유인자로서 산출하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 가동하중은,

상기 사용시설을 둘러싼 차폐벽 중 방사선이 조사될 수 있는 상하좌우 4개의 방벽에 대하여 사용량에 비례하여 분산되는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 사용인자는, 상기 가동하중에 대하여 분산되는 정도를 나타내며,

상기 제어모듈은, 치료빔의 방향에 따른 실제 방사선 조사량을 기반으로 상기 사용인자를 산출하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 제어모듈은,

상기 사용시설의 주간 운영일수와 일일 평균 환자 수와 환자치료 시 발생하는 평균 치료 당 흡수 선량의 곱으로 상기 가동하중을 산출하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 차폐 평가 결과는,

등가선량(Dose), 선량한도(Dose limit), 순간선량당량률(Instant Dose-equivalent Rate, IDR) 및 시간평균선량당량률(Time-Averaged Dose-equivalent Rate, TADR) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 가동하중은,

치료한 환자수, 에너지별 환자수, 에너지별 IMRT 또는 VMAT 치료한 환자수 및 환자치료 당 평균선량을 포함하여 기록되는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 거리는,

상기 선형가속기의 타겟으로부터 차폐벽 너머에서 차폐를 평가하기 위해 방사선을 측정할 위치까지의 거리인 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치.

청구항 9

장치에 의해 수행되는, 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법에 있어서,

상기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하는 단계;

복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 상기 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하는 단계-상기 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함함-; 및

상기 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공하는 단계;를 포함하며,

상기 차폐 평가를 수행할 시,

상기 DICOM 파일로부터 IMRT인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인하고,

상기 차폐현황정보는, 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 차폐 평가를 수행할 시,

환자 치료 시 처방된 흡수선량 대비 IMRT 치료 시 방사선 조사량의 증가 비율을 상기 IMRT 인자로서 산출하여 확인하고,

동일인이 상기 선형가속기의 운영시간 대비 해당 공간에서 머무는 시간을 주간 평균한 것을 상기 점유인자로서 산출하여 확인하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 가동하중은,

상기 사용시설을 둘러싼 차폐벽 중 방사선이 조사될 수 있는 상하좌우 4개의 방벽에 대하여 사용량에 비례하여 분산되는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 사용인자는, 상기 가동하중에 대하여 분산되는 정도를 나타내며,

상기 차폐 평가를 수행할 시, 치료빔의 방향에 따른 실제 방사선 조사량을 기반으로 상기 사용인자를 산출하여 확인하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 차폐 평가를 수행할 시,

상기 사용시설의 주간 운영일수와 일일 평균 환자 수와 환자치료 시 발생하는 평균 치료 당 흡수 선량의 곱으로 상기 가동하중을 산출하여 확인하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 차폐 평가 결과는,

등가선량(Dose), 선량한도(Dose limit), 순간선량당량률(Instant Dose-equivalent Rate, IDR) 및 시간평균선량당량률(Time-Averaged Dose-equivalent Rate, TADR) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 가동하중은,

치료한 환자수, 에너지별 환자수, 에너지별 IMRT 또는 VMAT 치료한 환자수 및 환자치료 당 평균선량을 포함하여 기록되는 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 거리는,

상기 선형가속기의 타겟으로부터 차폐벽 너머에서 차폐를 평가하기 위해 방사선을 측정할 위치까지의 거리인 것을 특징으로 하는,

치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법.

청구항 17

컴퓨터와 결합되어, 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법을 실행시키기 컴퓨터 판독 가능 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고정밀 차폐 평가 및 자동 관리가 가능하도록 하는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 근래 최첨단 의료기기가 개발되고 의료영역에 적극적으로 도입되면서 환자의 의료방사선 노출 선량 역시 기하급

수적으로 증가함은 물론, 생활수준의 향상으로 건강 증진에 대한 국민적 관심이 증가함에 따라 의료 검진에서의 방사선 검사 이용 역시 급격하게 증가하고 있다.

[0004] 그런데 CT(computed tomography) 장비를 통한 각종 검사는 질병이나 상처를 진단하는 현대의학의 중요한 부분을 차지하지만, CT 검사는 적용범위가 다양한 만큼 사용건수도 해마다 증가하는 추세이다. 이는 환자의 총 방사선량을 증가시키는 원인이 되며, 특히 각종 연구 보고에 따르면 의료 방사선의 급증은 CT 검사의 증가에 의한 것으로 전체 의료 피폭의 50%를 차지하는 것으로 알려져 있다.

[0005] 이와 같이, CT 검사에 의해 환자의 피폭 방사선량이 증가한 원인은 크게 두 가지이다. 하나는 사용빈도의 급격한 증가이고, 다른 하나는 검사 당 피폭 선량이 일반 방사선 검사에 비해 월등히 높다는 것이다. 특히, CT 검사에 의한 환자들의 방사선 피폭은 다른 진단용 방사선 장비보다 훨씬 크다. 예컨대, 흉부 CT 검사는 동일 부위의 일반 방사선 촬영에 비해 수백 배의 방사선 피폭을 초래하고 있다.

[0006] 따라서, CT 장비와 같은 진단용 방사선 발생장치에 의한 의료 영역에서 방사선 노출 선량의 증가와 함께 방사선 노출에 대한 위험과 부작용에 대한 일반인들의 관심과 우려가 함께 증가하고 있다. 방사선에 의한 암 발생은 높은 에너지를 가지는 전자가 DNA의 연결고리를 직접 파괴하거나 암 유발 인자를 발생시켜서 일어나는 것으로 알려져있으며, 따라서 적은 양의 방사선에 의해서도 발생할 수 있다는 과학적인 근거가 주장되고 있다.

[0007] 그렇기 때문에, CT 검사의 경우 환자의 피폭 선량을 정확하게 인지할 필요가 있다. 그런데, 상기한 바와 같이 CT 선량지수와 선량 길이곱으로 나타내는 피폭 선량은 실제 의료기관에서 CT 검사시 방출되는 방사선량의 정도를 알기 위한 지표는 될 수 있으나, 방사선 방호 측면에서 실제 환자의 피폭 선량을 평가하기에는 어려움이 있다. 다시 말해, CT 선량지수(CTDI)나 선량 길이곱(DLP)과 같은 방사선량은 환자 개인에 대한 직접적인 피폭 선량의 척도라기보다는 전형적인 CT 검사에 대해 설정된 참조 순위 또는 다수의 환자에 대한 평균치를 비교하는데 사용된다는 것이다.

[0008] 따라서, 상기 CT 선량 지수(CTDI) 또는 선량 길이곱(DLP)과 같은 방사선량을 이용하여 피폭 선량을 평가할 수는 없었다. 특히, CT 검사 시설에서 실측된 방사선량은 동일 검사에 대해서도 검사하는 병원에 따라 수십 배 이상의 차이를 보이고 있기 때문에 상기 CT 검사로 인한 환자의 피폭 선량을 계산하거나 예상할 수 있는 방안은 없었다.

[0009] 물론, 현재 방사선량을 계산하는 방법이 있다. 계산 방법의 예로 선량평가 모의체를 이용한 직접 측정방법, 방사선 수송 프로그램을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 계산방법, CT 선량계산 프로그램 이용 방법 등을 들 수 있다.

[0010] 그러나, 선량평가 모의체를 이용한 직접 측정방법은 수백 가지에 달하는 다양한 CT 스캐너, 다양한 검사조건의 조합에 대해서 모두 실험을 수행한다는 것은 사실상 불가능하고, 실제 실험을 수행하는 경우 많은 시간과 경비가 소요된다. 또한 인체 내의 장기 일부가 방사 선원에 피폭되는 경우 (예, 심장촬영 시 폐의 반 정도만 검사영역에 포함되는 경우 의료용 피폭 시) 피폭 장기에 대한 평균 선량 계산은 불가능하다.

[0011] 그리고 방사선 수송 프로그램을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 계산방법 역시 많은 계산 시간이 소요될 뿐만 아니라, 사용 코드에 대한 전문지식이 요구되고 있다. 따라서 CT 검사를 직접 실시하는 CT 사용자들이 이를 사용하여 CT 검사 시 환자의 선량을 계산하는 것은 한계가 있다.

[0012] 그리고 CT 선량계산 프로그램을 이용하는 방법은 실체 인체의 모양과 다른 수학적 팬텀을 사용하고 있어 정확한 선량 평가가 어려웠다. 즉 수학적 팬텀은 각 장기의 위치와 모양을 간단한 평면, 원통, 원뿔, 타원 그리고 구형태의 수학적인 방법으로 표현하고 있어, 실제 인체의 해부학적 모습과 위치가 크게 상이할 수 있다. 따라서 선량 평가 결과가 왜곡될 수 있는 것이다.

[0013] 결국 CT 검사로 인하여 실제 환자의 방사선량을 정확하게 계산하고 환자의 유효 선량을 평가하여 궁극적으로 환자의 피폭 선량을 최소화하는 방안이 요구되고 있다.

[0014] 따라서, 환자의 치료 현황(계획)에 따라 달라질 수 있는 인자를 고려하여 산출한 가동하중을 자동으로 산출하고, 그 산출된 가동하중을 통해 고정밀 차폐 평가가 가능하는 기술이 개발될 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제10-2015-0061520호 (등록일: 2015년 06월 04일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 환자의 치료 현황(계획)에 따라 달라질 수 있는 인자를 고려하여 산출한 가동하중을 자동으로 산출하고, 그 산출된 가동하중을 통해 고정밀 차폐 평가가 가능하도록 하는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0018] 또한, 본 발명은 치료용 선형가속기 사용시설 별 네트워크 연계를 통하여 통합적으로 관리하여 규제기관에서 방사선 피폭 현황을 모니터링 또는 대응이 용이하도록 함으로써, 환자는 물론 치료를 수행하는 종사자들에 대한 보다 체계적인 안전 관리가 가능하도록 하는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0019] 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

[0021] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치는, 통신모듈; 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 적어도 하나의 프로세스를 저장하는 메모리; 및 상기 적어도 하나의 프로세스를 기반으로 상기 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 동작을 수행하는 제어모듈을 포함하며, 상기 제어모듈은, 상기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하고, 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 상기 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하고-상기 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함함-, 상기 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공하며, 상기 차폐 평가를 수행할 시, 상기 DICOM 파일로부터 IMRT 인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인하고, 상기 차폐현황정보는, 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0022] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법은, 상기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하는 단계; 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 상기 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하는 단계-상기 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함함-; 및 상기 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공하는 단계;를 포함하며, 상기 차폐 평가를 수행할 시, 상기 DICOM 파일로부터 IMRT인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인하고, 상기 차폐현황정보는, 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 의하면, 환자의 치료 현황(계획)에 따라 달라질 수 있는 인자를 고려하여 산출한 가동하중을 자동으로 산출하고, 그 산출된 가동하중을 통해 고정밀 차폐 평가가 가능하도록 할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 의하면, 치료용 선형가속기 사용시설 별 네트워크 연계를 통하여 통합적으로 관리하여 규제 기관에서 방사선 피폭 현황을 모니터링 또는 대응이 용이하도록 함으로써, 환자는 물론 치료를 수행하는 종사자들

에 대한 보다 체계적인 안전 관리가 가능하도록 할 수 있다.

[0027] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법을 나타내는 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가동하중이 기록되는 양식의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 4는 일반적인 치료용 선형가속기 사용시설의 구조도를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 제한되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0031] 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. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 도면 부호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 비록 "제1", "제2" 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 구성요소는 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0032] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0033] 공간적으로 상대적인 용어인 "아래(below)", "아래(beneath)", "하부(lower)", "위(above)", "상부(upper)" 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 구성요소와 다른 구성요소들과의 상관관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 구성요소들의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들어, 도면에 도시되어 있는 구성요소를 뒤집을 경우, 다른 구성요소의 "아래(below)"또는 "아래(beneath)"로 기술된 구성요소는 다른 구성요소의 "위(above)"에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 "아래"는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 구성요소는 다른 방향으로도 배향될 수 있으며, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.

[0034] 명세서에서 사용되는 "부" 또는 "모듈"이라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부" 또는 "모듈"은 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 "부" 또는 "모듈"은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부" 또는 "모듈"은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 "부" 또는 "모듈"은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부" 또는 "모듈"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부" 또는 "모듈"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부" 또는 "모듈"들로 더 분리될 수 있다.

[0035] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또한, 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0036] 1997년 이후, IMRT, 토모치료(Tomo) 및 정위체부방사선치료(SBRT)와 같은 고정밀 방사선치료의 소개와 2015년, IMRT의 보험수가 적용으로 2011년 1,921건에서 2018년 34,759건으로 18배 증가하는 등 고정밀 방사선치료의 비율이 급속히 증가하고 있다.

[0037] 높은 MU(빔조사량)를 사용하는 IMRT는 기존 치료법에 비해 높은 차폐조건이 필요하지만, 최근의 상황 변화에 비해 아직 관련 연구 및 현황 파악이 미비하고, 이에 따라 안전 규제 세부 절차의 미정립으로 규제기관과 허가기관 간 다툼의 여지가 존재하며, 현장에서 치료방사선 사용량 관리에 대한 요구가 증대되고 있는 실정이다.

[0038] 기존에는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가가 평균적인 환자의 처방 선량과 주당 또는 일당 치료 환자수를 기반으로 대략적인 가동하중을 산출하였다.

[0039] 본 발명은 IMRT와 같이 최근 도입이 증가하고 있는 고정밀 방사선치료 사용시설의 안전 관리(차폐 설계)와 관련하여 국내·외의 현황을 조사 및 분석하여 국내 현실에 적합한 치료용 선형가속기 사용시설의 안전관리 체계 개발에 적용하고자 하기 위한 것이다.

[0040] 구체적으로, 본 발명은 실제 치료를 수행한 환자의 치료 계획을 기반으로 이반 3D 치료 대비 세기조절방사선치료 비중, 치료빔 조사 방향에 따른 사용율 등과 같이 의료 기관 별 치료 현황에 따라 달라질 수 있는 여러 인자가 고려된 가동하중을 계산함으로써 보다 사실적인 차폐 평가가 가능하도록 한다. 또한, 각 의료 기관 별 네트워크 연계를 통하여 네트워크를 기반으로 통합적인 관리가 가능하도록 함으로써, 규제 기관에서 방사선 피폭 현황에 대한 모니터링 및 대응이 용이하도록 한다.

[0041] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

[0042] 본 명세서에서 방사선관리구역은 방사선의 안전관리를 위하여 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대하여 방사선의 장해를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역을 의미할 수 있다. 또한, 관리구역(control area)은 국내 원자력안전법에서 사용하는 방사선관리구역과 동일한 의미로 사용될 수 있다.

[0043] 본 명세서에서 등가선량은 인체의 피폭선량을 나타낼 때 흡수선량에 해당 방사선의 방사선가중치를 곱한 양을 의미할 수 있으며, 이 등가선량의 단위로 시버트(Sievert, Sv)가 사용될 수 있다. 또한, 선량당량(dose-equivalent)은 국내 원자력안전법에서 사용하는 등가선량과 동일한 의미로 사용될 수 있다.

[0044] 본 명세서에서 방사선작업종사자는 방사선에 피폭하거나 그 염려가 있는 업무에 종사하는 자를 의미할 수 있다.

[0045] 본 명세서에서 선량한도(Dose limit)는 외부 피폭하는 방사선량과 내부 피폭하는 방사선량을 합한 피폭방사선량의 상한 값을 의미할 수 있다.

[0046] 본 명세서에서 차폐설계목표(Shielding Design Goal, P)는 차폐설계목표로 정하는 관리구역과 비관리구역(일반인구역)의 등가선량의 값으로 정의될 수 있다.

[0047] 본 명세서에서 가동하중(Workload, W)은 1 m 떨어진 최대흡수선량의 깊이에서 측정되는 흡수선량률의 시간적분으로써 일반적으로 일정한 기간 동안 장비의 가동시간 동안 가해지는 방사선 하중으로 정의될 수 있다.

[0048] 본 명세서에서 점유인자(Occupancy factor, T)는 방사선이 조사되고 있는 동안 최대한으로 피폭되는 사람이 어떤 구역에 위치하는 시간의 평균 분율 또는 방사선이 발생하는 시간에 방사선작업종사자나 일반인이 어떤 특정 지역에 머무는 시간 비율로 '0'를 약자로 사용하며 최대값은 '1'일 수 있다.

[0049] 본 명세서에서 사용인자(Use factor, U)는 임의의 1차 차폐벽을 향하는 1차 방사선 가동하중의 분율로써 일반적으로 갠트리 주요 각도 0° 및 90°, 180° 및 270°에 대하여 차폐벽 두께 계산 시 사용될 수 있으며, 최대값은 '1'이며 약자로 'U'를 사용할 수 있다.

[0050] 본 명세서에서 세기조절방사선치료(Intensity modulation radio therapy, IMRT)는 종양에는 충분한 선량을 조사하면서도 주변 주요 장기에는 선량을 최소화할 수 있도록 다엽콜리메이터가 방사선 조사 중에 지속적으로 움직이며 조사면의 모양을 조절하는 방사선치료법으로 '세기조절방사선치료'라고 부를 수도 있따.

[0051] 본 명세서에서 IMRT 인자(IMRT factor, IF)는 3D-CRT와 IMRT로 동일한 선량을 종양에 전달하기 위한 방사선 조

사량(MU) 간의 비율을 의미할 수 있다.

[0052] 본 명세서에서 1차 방사선(Primary radiation)은 치료를 위하여 환자에게 직접적으로 조사되는 방사선을 의미할 수 있는데, 특히, 선형가속기로 가속된 전자를 헤드의 타겟에 충돌시킬 때 발생하는 광자선을 의미할 수 있다.

[0053] 본 명세서에서 2차 방사선(Secondary radiation)은 방사선치료 중 다양한 이유에 의해 발생하는 1차 방사선 이외의 방사선을 의미할 수 있다.

[0054] 본 명세서에서 산란방사선(Scattering radiation)은 방사선치료 중 1차 방사선이 환자 체내 혹은 표면에서 산란되어 발생한 2차 방사선을 의미할 수 있다.

[0055] 본 명세서에서 누설방사선(Leakage radiation)은 치료 중 타겟에서 발생되는 2차 방사선중 가속기 헤드에서 누설되는 방사선을 의미할 수 있다.

[0056] 본 발명에서 차폐를 위한 방벽의 투과계수(B)는 방사선원에서부터 차폐 방벽을 투과하여 방벽너머에 도달한 방사선이 전달하는 선량의 감소비율(또는 방사선의 투과비율)을 의미할 수 있다.

[0057] - 1차 방사선을 차폐하기 위한 방벽의 투과계수 (Bpri)

[0058] - 2차 방사선을 차폐하기 위한 방벽의 투과계수 (Bsec)

[0059] - 산란방사선을 차폐하기 위한 방벽의 투과계수 (Bsca)

[0060] - 누설방사선을 차폐하기 위한 방벽의 투과계수 (BL)

[0061] 본 명세서에서 십가층(Tenth value layer, TVL)은 투과되는 방사선량을 1/10로 감쇠시키는 물질의 두께를 의미할 수 있다.

[0062] 본 명세서에서 반가층(Half value layer, HVL)은 투과되는 방사선량을 1/2로 감쇠시키는 물질의 두께를 의미할 수 있다

[0063] 본 명세서에서 순간선량당량률(Instant Dose-equivalent Rate, IDR)은 방벽을 통과하여 특정지점에 도달한 방사선을 짧은 시간 동안 측정하여 평균한 선량당량률(등가선량률)을 의미할 수 있다.

[0064] 본 명세서에서 시간평균선량당량률(Time-Averaged Dose-equivalent Rate, TADR)은 IDR에 가동하중과 사용계수를 고려하여 평균한 선량당량률(등가선량률)을 의미할 수 있다.

[0065] 본 명세서에서 임의시간 평균선량당량률(in-any-hour TADR)은 주간 가동하중과 일일 평균환자수를 고려하여 평균한 선량당량률(등가선량률)을 의미할 수 있다.

[0066] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

[0067] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 차폐 평가 장치(100)는 통신모듈(110), 메모리(130) 및 제어모듈(150)을 포함한다.

[0068] 통신모듈(110)은 적어도 하나의 외부장치(서버 등)와 유선 또는 무선 통신을 수행한다. 특히, 무선 통신을 수행함에 있어서, 무선 인터넷 기술들에 따른 통신망에서 무선 신호를 송수신하도록 한다.

[0069] 무선 인터넷 기술로는, 예를 들어 WLAN(Wireless LAN), Wi-Fi(Wireless-Fidelity), Wi-Fi(Wireless Fidelity) Direct, DLNA(Digital Living Network Alliance), WiBro(Wireless Broadband), WiMAX(World Interoperability for Microwave Access), HSDPA(High Speed Downlink Packet Access), HSUPA(High Speed Uplink Packet Access), LTE(Long Term Evolution), LTE-A(Long Term Evolution-Advanced) 등이 있으며, 차폐 평가 장치(100)는 앞에서 나열되지 않은 인터넷 기술까지 포함한 범위에서 적어도 하나의 무선 인터넷 기술에 따라 데이터를 송수신하게 된다.

[0070] 근거리 통신(Short range communication)을 위한 것으로서, 블루투스(Bluetooth™), RFID(Radio Frequency Identification), 적외선 통신(Infrared Data Association; IrDA), UWB(Ultra Wideband), ZigBee, NFC(Near Field Communication), Wi-Fi(Wireless-Fidelity), Wi-Fi Direct, Wireless USB(Wireless Universal Serial Bus) 기술 중 적어도 하나를 이용하여, 근거리 통신을 지원할 수 있다. 이때, 근거리 무선 통신망은 근거리 무선 개인 통신망(Wireless Personal Area Networks)일 수 있다.

[0071] 메모리(130)는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하기 위한 적어도 하나의 데이터(정보) 및 적어

도 하나의 프로세스는 물론, 그 외 각종 데이터(정보)를 저장한다. 예를 들어, 치료용 선형가속기 사용시설로서 적어도 하나의 의료 기관에 대한 차폐현황정보 등을 데이터로서 저장할 수 있다. 그 외에도, 메모리(103)는 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법을 실행하기 위한 각종 명령어, 알고리즘 등을 저장한다.

[0072] 또한, 메모리(130)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드 디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(Random Access Memory, RAM), SRAM(Static Random Access Memory), 롬(Read-Only Memory, ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory) 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다. 아울러, 메모리(130)는 일시적, 영구적 또는 반영구적으로 정보를 저장할 수 있으며, 내장형 또는 탈착형으로 제공될 수 있다.

[0073] 제어모듈(150)은 차폐 평가 장치(100) 내 구성들을 제어하거나 각종 정보를 처리하고 연산하기 위한 것으로, 메모리(130)에 저장된 적어도 하나의 프로세스를 기반으로 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가를 수행하도록 제어한다.

[0074] 구체적으로, 제어모듈(150)은 치료용 선형가속기 사용시설에 대한 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하고, 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되면, 그 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 상기 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행하고하며, 그 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 제공한다. 여기서, 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine) 파일을 포함할 수 있고, 차폐현황정보는 점유인자(Occupancy factor), 거리(distance), 차폐설계목표(shielding desing goal), QA beam, 차폐벽 정보(Shield wall information), 투과계수(Transmission factor), 십가층(Tenth value layer, TVL) 및 TMR data 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0075] 한편, 제어모듈(150)은 차폐 평가를 수행할 시, DICOM 파일로부터 IMRT 인자(IMRT factor), 사용인자(Use factor), 환자번호(patient number), 가동하중(Workload) 및 사용에너지(used energy) 중 적어도 하나를 확인할 수 있다.

[0076] IMRT 치료 방법은 MLC나 기계식 셔터를 이용하여 작은 빔면적의 펜슬빔을 많이 사용하여 종양에 선량을 더 집중적으로 전달할 수 있는데, IMRT 또는 VMAT의 경우, 3D CRT에 비해 더 많은 시간동안 방사선(더 많은 MU)을 조사해야한다. 환자에게 조사되는 선량은 동일하기 때문에 1차 방사선과 산란방사선의 양은 큰 차이가 없지만 가속기 헤드에서 방출되는 누설방사선의 양은 크게 증가하게 되므로, 기존 3D CRT 대비 IMRT 치료 시 방사선 조사량의 증가비율로 IMRT 인자(IMRT factor, IF)를 고려해야한다.

[0077] 이를 위해, 제어모듈(150)은 환자 치료 시 처방된 흡수선량 대비 IMRT 치료 시 방사선 조사량의 증가 비율을 IMRT 인자로서 산출할 수 있으며, 하기 <수학식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0078] $$MU_{IMRT} = \sum_i \frac{MU_i}{(D_{pre})_i}$$

[0079] $$IMRT\,factor\,(IF) = \frac{MU_{IMRT}}{MU_{3DCRT}}$$

[0080] 또한, 제어모듈(150)은 동일인이 선형가속기의 운영시간 대비 해당 공간에서 머무는 시간을 주간 평균한 것을 점유인자로서 산출하는데, 그 사용시설의 직원이 일일 근무시간(8시간) 동안 상주하는 공간의 점유인자를 '1'로 보수적으로 정의할 수 있다.

[0081] 한편, 가동하중은 치료용 선형가속기 사용시설을 둘러싼 차폐벽 중 방사선이 조사될 수 있는 상하좌우 4개의 방벽에 대하여 사용량에 비례하여 분산되는데, 그 사용시설의 주간 운영일수와 일일 평균 환자 수와 환자치료 시 발생하는 평균 치료 당 흡수 선량의 곱으로 가동하중을 산출할 수 있으며, 하기 <수학식 2>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0082] $$W[Gy/주] = D_t[Gy/치료당] \times M[치료수/1일] \times 5[일/주]$$

[0083] 여기서, 1주는 5일, 1년을 50주를 기준으로 정의할 수 있다.

[0084] 반면에, 차폐 평가를 수행할 시, 제어모듈(150)은 측정결과를 주당 가동하중을 초과하지 않도록 제공한다.

[0085] 이러한 가동하중에는 치료뿐만 아니라 교정, 선질 측정 등의 추가적인 측정으로 발생하는 선량도 고려하도록 할 수 있다. 또한, 방사선을 이용한 치료기술의 발전으로 더 많은 가동하중이 발생할 수 있는 경우 치료기술(토모치료기 등)은 별도의 가동하중을 정의하여 차폐설계 때 더 고려할 수도 있다.

[0086] 이 가동하중은 환자치료에 대한 전체 선량을 고려하나 기하학적인 부분은 고려하지 않기 때문에, 제어모듈(150)은 사용인자를 더 산출하여 고려한다.

[0087] 이 사용인자는 이러한 가동하중에 대하여 분산되는 정도를 나타내는 것으로, 제어모듈(150)은 치료빔의 방향에 따른 실제 방사선 조사량을 기반으로 사용인자를 산출할 수 있다.

[0088] 그리고, 차폐 평가 결과로는 등가선량(Dose), 선량한도(Dose limit), 순간선량당량률(Instant Dose-equivalent Rate, IDR) 및 시간평균선량당량률(Time-Averaged Dose-equivalent Rate, TADR) 중 적어도 하나를 포함하여 제공할 수 있다. 이 차폐 평가 결과는 보고서 형태로 온라인 또는 오프라인을 기반으로 출력될 수 있으며, 미리 설정된 적어도 하나의 단말을 통해 자동 제공되거나 요청에 의해 제공될 수 있다.

[0089] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 치료용 선형가속기 사용시설의 차폐 평가 방법을 나타내는 순서도이다.

[0090] 도 2를 참조하면, 차폐 평가 장치(100)는 차폐현황정보를 이용하여 적어도 하나의 파라미터를 획득하고(S201), 복수의 치료 계획 파일 중 어느 하나가 선택되는 것을 감지하면(S203), S203 단계에서 선택된 치료 계획 파일을 기반으로 S201 단계에서 획득된 적어도 하나의 파라미터를 이용하여 차폐 평가를 수행한다(S205). 앞서 설명한 바와 같이, 여기서 치료 계획 파일은 적어도 하나의 환자에 대한 데이터를 포함하는 DICOM 파일을 포함할 수 있다.

[0091] 그 다음으로, S205 단계에서 수행한 차폐 평가에 따른 차폐 평가 결과를 미리 설정된 적어도 하나의 단말로 자동으로 제공하거나, 요청에 의해 제공할 수 있다(S207).

[0092] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 가동하중이 기록되는 양식의 일 예를 나타내는 도면이다.

[0093] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 가동하중이 기록되는 양식은 치료한 환자 수, 에너지별 환자 수, 에너지별 IMRT 또는 VMAT 치료한 환자수 및 환자치료 당 평균선량을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0094] 도 4는 일반적인 치료용 선형가속기 사용시설의 구조도를 나타내는 도면이다.

[0095] 1차 방사선 방벽은 선형가속기에서 조사되어 직접적으로 방벽에 입사되는 방사선을 줄여주며 최종적으로 방벽을 통과한 방사선에 의한 등가선량이 법적 기준인 선량한도를 넘지 못하게 만드는 것이 차폐설계의 목적이다.

[0096] 1차 방사선뿐만 아니라 타겟을 포함하는 가속기 헤드에서 발생하는 2차 방사선과 방벽을 통과하면서 생성되는 광중성자와 중성자포획감마선과 같은 2차 방사선도 1차 방사선 방벽에 의해 감쇠되어야 한다.

[0097] 1차 방사선에 대하여 투과된 방사선을 차폐설계목표(shielding design goal, P)까지 감소시킬 수 있는 방벽의 투과계수(transmission factor, Bpri)를 정의할 수 있으며, 하기 <수학식 3>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

[0098] $$B_{pri} = \frac{P d_{pri}^2}{WUT}$$

[0099] 여기서, P에는 법적 선량한도를 사용할 수 있고, dpri는 가속기의 타겟으로부터 방벽 너머에서 차폐를 평가하기 위해 방사선을 측정할 위치까지의 거리로 정의할 수 있다. 가동하중에서 이미 1 m 기준에서의 측정값을 사용하

고 있으므로 사실 d^2_{pri}은 $d^2_{pri}/(1\ m)^2$으로 사용될 수 있다.

[0100] 이 투과계수를 가질 방벽의 두께는 구성물질의 십가층(Tenth Value Layer, TVL)으로 결정되며 필요한 십가층의 수(n)는 하기 <수학식 4>와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0101] $$n = -\log(B_{pri})$$

[0102] 한편, 방벽의 두께(t_{pri})는 하기 <수학식 5>와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

[0103] $$t_{pri} = TVL_1 + (n-1)TVL_e$$

[0104] 방벽의 구성물질의 첫 번째 십가층(TVL_1)과 등가 십가층(TVL_e)은 과거 측정 데이터에 의해 결정될 수 있다.

[0105] 최종적으로 십가층의 수가 1보다 커서 요구되는 방벽의 두께가 첫 번째 십가층(TVL_1)보다 크면 총 투과계수는 하기 <수학식 6>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0106] $$B_{pri} = 10^{-n}$$
$$1 + \frac{t_{pri} - TVL_1}{TVL_e} = n$$
$$B_{pri} = 10^{-1-\frac{t_{pri} - TVL_1}{TVL_e}}$$

[0107] 설계한 방벽을 평가하기 위하여 차폐벽을 통과한 방사선의 등가선량H[Sv/week]을 계산하여 차폐설계목표치보다 낮은지 검증할 수 있으며, 하기 <수학식 7>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

[0108] $$H = \frac{B_{pri} WUT}{d^2_{pri}} < P$$

[0109] 설계된 1차 방벽에 대하여 검증을 할 때는 방벽에서 0.3m 떨어져서 측정하도록 할 수 있다.

[0110] 한편, 본 발명의 실시예와 관련하여 설명된 방법 또는 알고리즘의 단계들은 하드웨어로 직접 구현되거나, 하드웨어에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈로 구현되거나, 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(Flash Memory), 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 형태의 컴퓨터 판독가능 기록매체에 상주할 수도 있다.

[0111] 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.

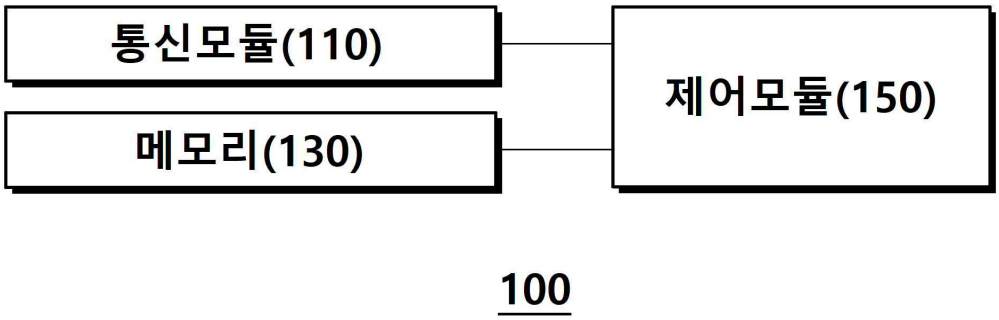
부호의 설명

[0113] 100 : 차폐 평가 장치 110 : 통신모듈

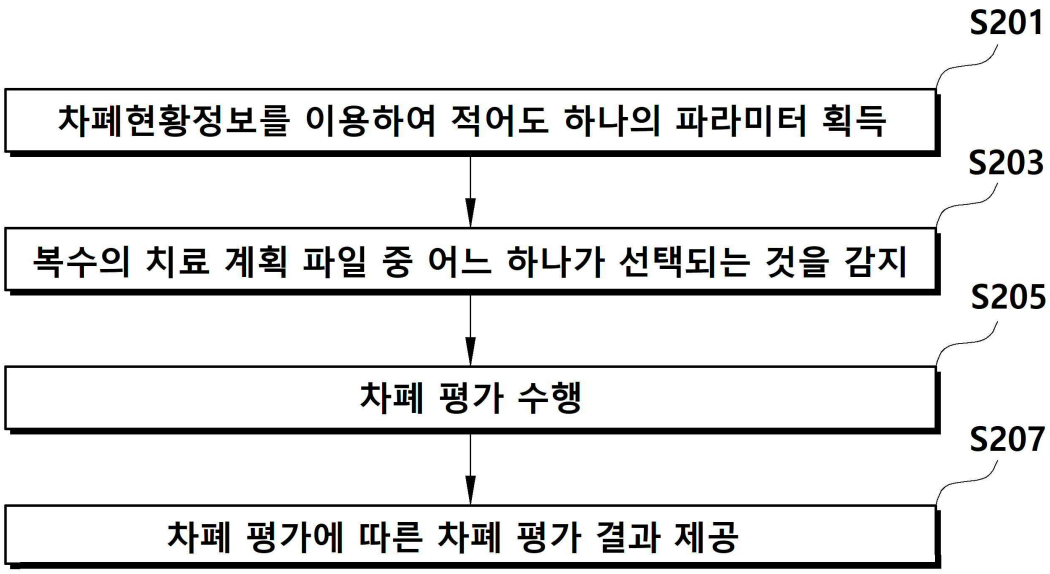
130 : 메모리 150 : 제어모듈

도면

도면1



도면2



도면3

SPECIFICATION OF X-RADIATION WORKLOAD AT ISOCENTRE/APPLICATOR FACE

Centre:

Room Name:

X-Ray Energy 1, Specify: .....

Conformal			IMRT/VMAT			FFF		
Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)

X-Ray Energy 2, Specify: .....

Conformal			IMRT/VMAT			FFF		
Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)

X-Ray Energy 3, Specify: .....

Conformal			IMRT/VMAT			FFF		
Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)	Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Dose rate (Gy/min)

TBI X-Ray Energy, Specify: .....

Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Fractions/patient	Dose rate (Gy/min)

SRS X-Ray Energy, Specify: .....

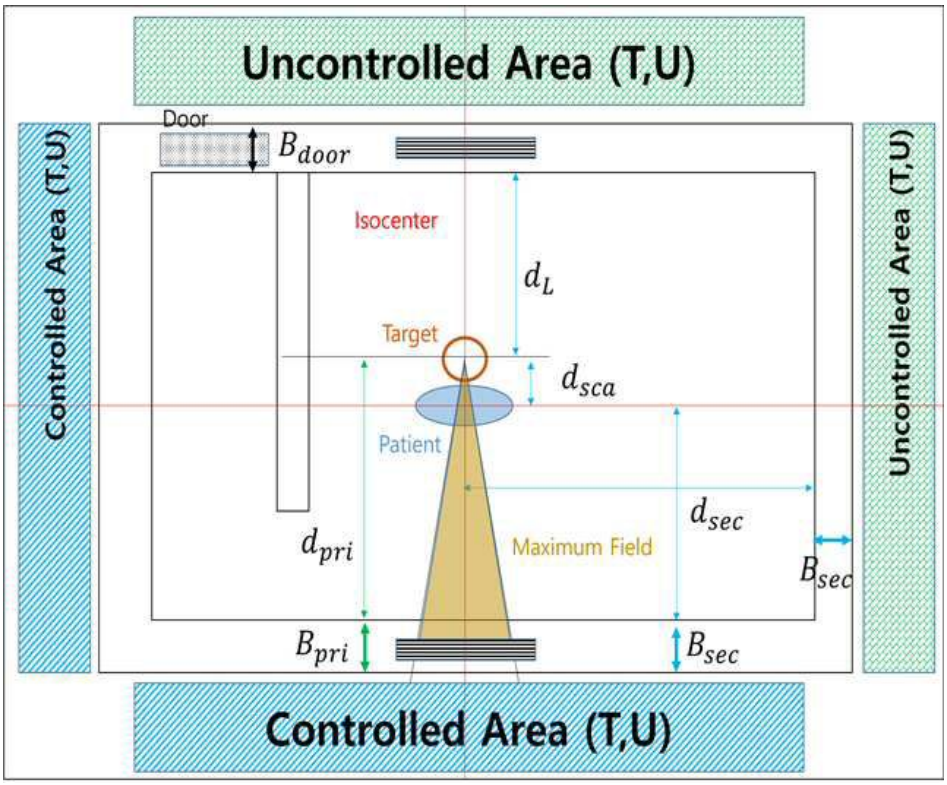
Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Fractions/patient	Dose rate (Gy/min)

SBRT X-Ray Energy, Specify: .....

Patients / month	Dose / fraction (Gy)	Fractions/patient	Dose rate (Gy/min)

Figure 4.4. Sample pro-forma for the specification of the radiation workload for a linear accelerator.

도면4


Uncontrolled Area (T,U)
Door
B_{door}
Isocenter
d_L
Target
d_{sca}
Patient
d_{sec}
d_{pri}
Maximum Field
B_{sec}
B_{pri}
B_{sec}
Controlled Area (T,U)
Controlled Area (T,U)
Uncontrolled Area (T,U)