

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0046990

(43) 공개일자 2020년05월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/00 (2006.01) A61B 6/03 (2006.01)

A61B 8/08 (2006.01) G16H 30/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/441 (2013.01)

A61B 6/032 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0128894

(22) 출원일자 2018년10월26일

심사청구일자 2018년10월26일

(71) 출원인

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

민철희

강원도 원주시 혁신로 400, 1102동 1203호(

반곡동, 푸른숨엘에이치11단지)

유도현

강원도 원주시 흥업면 세동길 13, 103동 908호(현
대아파트)

천보위

강원도 원주시 흥업면 세동길 13, 103동 408호(현
대아파트)

(74) 대리인

김보민

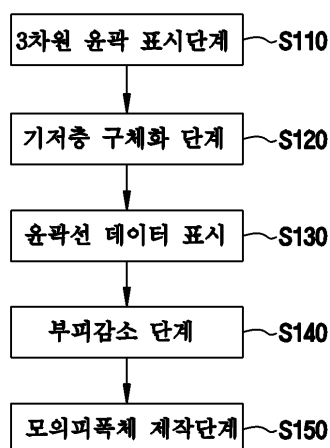
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법

(57) 요약

피부에 대한 정확한 선량 평가 방법이 개시된다. 본 발명의 선량평가방법은 환자의 피부층을 정밀 묘사한 맞춤형 모의피폭체를 제작하는 단계와 완성된 맞춤형 모의피폭체를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하는 단계 및 정확한 피부선량을 예측하는 단계를 포함하게 함으로써, 환자 맞춤형 모의피폭체 제작시, 50 MHz 이상의 고주파 초음파를 이용하여 측정함으로써 아주 얇은 두께를 가진 기저층의 상태까지도 확인이 가능하여 모의피폭체가 환자의 기저층의 두께를 정확히 묘사할 수 있기 때문에 정확한 피부선량을 계산할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

A61B 8/0858 (2013.01)

G16H 30/20 (2018.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a)환자의 피부층을 정밀 묘사한 맞춤형 모의피폭체를 제작하는 단계;
- (b)상기 (a)단계에서 완성된 맞춤형 모의피폭체를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하는 단계;및
- (c)정확한 피부선량을 예측하는 단계;
- 를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 (a)단계는

- (a-1)환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여, 환자의 윤곽을 3차원적으로 표현하는 단계;
- (a-2)이후 3차원적 윤곽은 그대로 유지하고 기저층 두께 만큼 부피를 감소 시켜 기저층 부분을 구체화한 모의피폭체를 제작하는 단계;
- 를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 (a-2)단계는

측정된 기저층 두께만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화하는 구체화 단계와 환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여 3차원적으로 표현하는 단계와 기저층 두께 만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화 한 모의피폭체를 제작하는 단계를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 (a-2)단계는

고주파 초음파를 이용하여 환자의 피부 기저층 두께를 측정하는 단계를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 고주파 초음파는

50 MHz 이상의 고주파 초음파인 것을 특징으로 하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 (a-1)단계는

먼저 DICOM file에서 환자의 윤곽선 데이터를 x, y, z의 3차원 좌표 정보로 추출하는 단계와, 추출한 x, y, z의 3차원 좌표 정보를 3차원 그래픽 프로그램으로 3차원 모델로 재구성하고, 재구성된 3차원 그래픽 프로그램의 3차원 모델에 피부 부분을 3차원 그래픽 프로그램의 offset기능을 이용하여 기존 윤곽의 모양은 유지하며 전체적인 볼륨을 감소시켜 피부층을 형성하는 단계, 피부층이 형성된 모델을 이미지 파일 형식 중 3차원 벡터 포맷인 .OBJ 파일로 추출하는 단계, 그리고 3차원 폴리곤 면의 구조물을 사면체 구조물로 변화시키는 오픈소스 코드인 TetGen 코드에 추출한 .OBJ 파일을 적용하여 사면체 모델을 획득하는 단계를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 (b)단계는

Element, node file 정보를 Geant4 전산모사 시스템에서 읽어들이고, Geant4에서 제공하는 G4Tet라는 함수를 이용하여 각각의 4면체를 재구성하여 하나의 모델로 구현하는 단계를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

각각의 사면체에 피부, 뼈, 뇌, 그리고 조직의 물질정보를 입력하여 환자 특성에 맞는 모의피폭체를 전산모사 상에 구현하는 단계를 포함하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

DICOM file에서 치료방사선에 대한 치료조건 정보를 Geant4 전산모사 시스템에 이식하여 실제 치료와 같은 상황을 전산모사하여 피부층에서의 선량을 획득하는 것을 특징으로 하는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 선량 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 맞춤형 모의피폭체를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행함으로써 정확한 피부선량을 예측할 수 있는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 방사선 치료는 X선 등의 고 에너지 방사선을 이용하여 암세포를 파괴하는 방법이다.
- [0003] 대부분의 방사선 치료는 치료용 선형가속기를 사용한 외조사로 수행되며, 이러한 방사선 치료를 시행하면 필연적으로 암세포 외에 암세포 주변에 있는 정상세포에도 방사선이 전달된다.
- [0004] 최근 방사선 치료기술의 발전에도 불구하고 여전히 방사선에 의한 정상조직 파괴로 많은 부작용이 보고되고 있

다.

- [0005] 국제방사선방호위원회와 국제방사선단위측정위원회에 따르면 방사선 피부염은 방사선에 민감한 피부 표피층 하부에 위치한 기저층에 전달된 방사선량에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.
- [0006] 하지만, 현재의 방사선 치료계획 시스템은 몇 가지 한계로 인하여 방사선이 전달되는 피부에서의 방사선량을 정확하게 예측하지 못하고 있다.
- [0007] 그 이유로는, 치료계획 시스템에 기반이 되는 일반적인 환자의 CT 영상은 영상을 구성하는 최소 단위인 voxel의 크기가 최소 약 $600\mu\text{m}$ 이상으로 약 $50\mu\text{m}$ 크기의 피부 기저층을 정확히 표현할 수 없으며, 이로 인하여 피부선량을 평가하는 것에 어려움이 있다.
- [0008] 추가적으로, 치료계획 시스템은 방사선이 입사되는 위치의 피부선량(local dose)을 정확하게 계산하지 못하며 전체 피부 부피에 대한 평균 선량값만을 나타내고 있다.
- [0009] 한편, 방사선 물리 해석 분야에서 널리 사용되는 방사선 수송 해석 코드인 'Geant 4' 전산모사 코드는 공개소스 코드로서 넓은 범위에 에너지 영역과 다양한 방사선의 물리적인 거동을 전산모사할 수 있다.
- [0010] 본 코드에 모의피폭체를 구현하고 구현된 모의피폭체가 환자의 기저층을 정확히 묘사 한다면, 정확한 피부선량을 계산할 수 있을 것이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) KR 공개특허공보 제10-2012-0034977호(2012.04.13)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 이러한 문제점을 해결하기 위한 본 발명은 환자 피부 특성을 고려한 환자 맞춤형 모의피폭체를 제작하고, 이를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하여 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축함으로써, 방사선 치료시 환자가 받게 될 정확한 피부선량을 예측할 수 있는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 현재 방사선 치료계획 시스템이 가지고 있는 한계를 극복하고 환자 피부 특성에 맞는 치료계획을 수립하기 위하여 환자 맞춤형 모의피폭체를 제작하여 개별 환자의 특성에 따른 피부선량을 정밀하게 평가할 수 있는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.
- [0014] 그리고 본 발명은 50MHz 이상의 고주파 초음파를 이용하여 환자마다 다른 피부 기저층 두께를 측정하여 환자 피부 특성을 고려한 환자 맞춤형 모의피폭체를 제작할 수 있는 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 이러한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법은 (a)환자의 피부층을 정밀 묘사한 맞춤형 모의피폭체를 제작하는 단계와, (b)상기 (a)단계에서 완성된 맞춤형 모의피폭체를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하는 단계 및 (c)정확한 피부선량을 예측하는 단계를 포함하게 구성함으로써 달성될 수 있다.
- [0016] 상기 (a)단계는 (a-1)환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여, 환자의 윤곽을 3차원적으로 표현하는 단계와 (a-2)이후 3차원적 윤곽은 그대로 유지하고 기저층 두께 만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화한 모의피폭체를 제작하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 (a-2)단계는 측정된 기저층 두께만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화하는 구체화 단계와 환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여 3차원적으로 표현하는 단계와 기저층 두께 만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화 한 모의피폭체를 제작하는 단계를 포함한다.

[0018] 상기 고주파 초음파는 50MHz 이상의 고주파 초음파이고, 상기 (a-1)단계는 먼저 DICOM file에서 환자의 윤곽선 데이터를 x, y, z의 3차원 좌표 정보로 추출하는 단계와, 추출한 x, y, z의 3차원 좌표 정보를 3차원 그래픽 프로그램으로 3차원 모델로 재구성하고, 재구성된 3차원 그래픽 프로그램의 3차원 모델에 피부 부분을 3차원 그래픽 프로그램의 offset기능을 이용하여 기존 윤곽의 모양은 유지하며 전체적인 볼륨을 감소시켜 피부층을 형성하는 단계, 피부층이 형성된 모델을 이미지 파일 형식 중 3차원 벡터 포맷인 .OBJ 파일로 추출하는 단계, 그리고 3차원 폴리곤 면의 구조물을 사면체 구조물로 변화시키는 오픈소스 코드인 TetGen 코드에 추출한 .OBJ 파일을 적용하여 사면체 모델을 획득하는 단계를 포함할 수 있다,

[0019] 상기 (b)단계는 Element, node file 정보를 Geant4 전산모사 시스템에서 읽어들이, Geant4에서 제공하는 G4Tet라는 함수를 이용하여 각각의 4면체를 재구성하여 하나의 모델로 구현하는 단계이고, DICOM file에서 치료방사선에 대한 치료조건 정보를 Geant4 전산모사 시스템에 이식하여 실제 치료와 같은 상황을 전산모사하여 피부층에서의 선량을 획득할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 따라서 발명의 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법에 의하면, 환자 맞춤형 모의피폭체 제작시, 50 MHz 이상의 고주파 초음파를 이용하여 측정함으로써 아주 얇은 두께를 가진 기저층의 상태까지도 확인이 가능하여 모의피폭체가 환자의 기저층의 두께를 정확히 묘사할 수 있기 때문에 정확한 피부선량을 계산할 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법에 의하면, 완성된 환자 맞춤형 모의피폭체를 'Geant4' 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하기 때문에 방사선 치료시 환자가 받게 될 정확한 피부선량을 예측할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 구현하기 위한 주요 구성도,
 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 설명하기 위한 흐름도,
 도 3은 모의 피폭체 제작과정을 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도,
 도 4는 윤곽선 정보를 이용한 3차원 모델의 예시도면,
 도 5는 오프셋 기능 적용하기 전후의 예시 사진,
 도 6은 오프셋 기능을 이용하여 일정 두께의 피부층 형성 도면,
 도 7은 TeTGen코드를 이용한 사면체 환자 모델의 예시도,
 도 8은 사면체의 구조도,
 도 9는 실제 환자 치료 계획을 기반으로 하여 피부선량을 평가하는 전산모사도,
 그리고
 도 10은 기저층 두께에 따른 피부선량의 선량용적 히스토그램이다,

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정 해석되지 아니하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0025] 명세서 전체에서 "및/또는"의 용어는 하나 이상의 관련 항목으로부터 제시 가능한 모든 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, "제1 항목, 제2 항목 및/또는 제3 항목"의 의미는 제1, 제2 또는 제3 항목뿐만 아니라 제1, 제2 또는 제3 항목들 중 2개 이상으로부터 제시될 수 있는 모든 항목의 조합을 의미한다.

- [0026] 명세서 전체에서 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, a, b, c, ...)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 한정하는 것이 아니며, 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [0027] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 일실시예에 대하여 설명한다.
- [0028] 도 1은 본 발명의 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 구현하기 위한 주요 구성도로서, 도시된 바와 같이, 환자의 검사를 위하여 방사선을 발생하는 방사선 발생부(110), 방사선 발생부(110)로부터 환자의 피부에 입사된 방사선의 선량을 측정하는 피부 선량 검출부(120), 측정된 피부입사선량을 DICOM의 형식으로 변환하는 DICOM 변환부(130), DICOM 형식으로 변환된 데이터를 표시부에 표현되도록 제어하는 제어부(140) 및 제어부(140)에 의해 DICOM 형식으로 변환된 피부입사선량을 표시하는 표시부(150)를 포함한다.
- [0029] 이때, 방사선 발생부(110)는 면적 선량계가 부착되어 있는 것과 없는 것으로 나눌 수 있으며, 이에 피부입사선량은 면적 선량계의 부착 여부에 따라 다른 경로로 계산된다.
- [0030] 이러한 방사선 발생부(110)는 환자를 중심으로 방사선을 방출하는 X선 튜브와, 상기 X선 튜브에 결합되어 방사선을 집중하는 콜리메이터, 상기 콜리메이터와 소정의 간격만큼 이격되어 총여과에 대한 출력선량을 추출하는 필터 및 상기 필터의 하부에는 방사선의 면적 선량을 결정하는 면적 선량계가 위치하도록 구성할 수 있다.
- [0031] 피부 선량 검출부(120)는 방사선 발생부(110)로부터 환자의 피부에 입사된 방사선의 선량 즉, 환자에게 피폭되는 선량을 측정하는 선량계를 구비한다.
- [0032] 이러한 선량계는 면적 선량계와 사전에 결정된 거리만큼 떨어져 있고, 선량계의 아래에는 후방 산란선을 제거하는 납판이 위치할 수 있다.
- [0033] DICOM 변환부(130)에 의해 변환된 피부입사선량은 표시부(150)에 나타내기 위하여 제어부(140)에 의해 표시부(150)의 형식으로 전환한다.
- [0034] 표시부(150)에는 피부입사선량이 ESD와 같은 형태로 표시될 수 있다.
- [0035] 이하 도면을 참고하여 피부 선량 검출부(120)의 선량 평가 방법에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 2는 본 발명의 일실시예에 의한 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법을 설명하기 위한 흐름도이고 도 3은 모의 피폭체 제작과정을 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0037] 도시된 바와 같이 본 발명의 선량 평가 방법은 먼저 환자의 피부층을 정밀 묘사한 맞춤형 모의피폭체를 제작하는 단계(S100)와 단계 S100에서 완성된 맞춤형 모의피폭체를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하는 단계(S200), 그리고 정확한 피부선량을 예측하는 단계(S300)를 포함하여 이루어진다.
- [0038] 먼저, 피부층을 정밀 묘사한 맞춤형 모의피폭체를 제작하는 단계(S100)는 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여 3차원적으로 표현하는 3차원 윤곽 표시단계(S110)와 측정된 기저층 두께만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화하는 구체화 단계(S120)를 통하여 환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여 3차원적으로 표현한 후(S130) 기저층 두께 만큼 부피를 감소시켜(S140) 기저층 부분을 구체화 한 모의피폭체를 제작하는 단계(S150)로 이루어진다.
- [0039] 먼저 3차원 윤곽 표시단계(S110)는 방사선을 이용한 치료 시, 실질적인 치료 전에 방사선치료계획을 수립하는데, 방사선치료계획은 환자의 CT image를 기반으로 수행되며, CT image는 방사선이 지나가면서 발생한 선량의 감쇠정도에 따라 영상으로 나타낸다.
- [0040] 선량의 감쇠정도는 방사선이 지나간 물질의 밀도 특성에 따라 영상의 그레이스케일에 영향을 준다. 이렇게 생성된 CT image를 이용하여 암의 위치 및 암 주변 정상조직의 치료선량을 계획하기 위하여 각 장기별로 윤곽선을 정하게 되는 데 이때에 윤곽선은 영상의 그레이스케일 차이를 이용하여 정하게 된다.
- [0041] 이러한 윤곽선 정보는 좌표정보로서 DICOM변환부(130)의 저장부에 DICOM(Digital imaging and Communication In Medicine) file에 저장되게 된다.
- [0042] DICOM file은 디지털 의료 영상 전송 장치로서 정보의 소통을 위하여 모든 의료기관에서 사용되는 화상 전송을 중심으로 정한 국제 규격 파일이다. 이렇게 획득한 윤곽선 데이터를 이용하여 모의피폭체를 제작하는 것이다.

- [0043] 제작 과정은 아래와 같다.
- [0044] 먼저 DICOM file에서 환자의 윤곽선 데이터를 x, y, z의 3차원 좌표 정보로 추출한다(S111)
- [0045] 단계 S111에서 획득한 x, y, z의 3차원 좌표 정보를 3차원 그래픽 프로그램으로 3차원 모델로 재구성한다(S112).
- [0046] 도 4에 윤곽선 정보를 이용한 3차원 모델이 예시되어 있다.
- [0047] 단계 S112에서 3차원 그래픽 프로그램으로 3차원 모델로 재구성되면, 재구성된 3차원 모델에 피부 부분을 3차원 그래픽 프로그램의 offset기능을 이용하여 기존 윤곽의 모양은 유지하며 전체적인 볼륨을 감소시켜 피부층을 형성하도록 한다(S113).
- [0048] 도 5는 Offset 기능을 이용하여 일정 두께의 피부층을 형성한 일례를 예시한 사진이다.
- [0049] 좌측도면은 오프셋 기능을 적용하기 전의 도면이고, 우측도면은 오프셋기능을 적용 후의 도면이다,
- [0050] 도 6에 오프셋 기능을 이용하여 일정 두께의 피부층을 형성한 도면이 예시되어 있다.
- [0051] 단계 S114에서는 피부층이 형성된 모델을 이미지 파일 형식 중 3차원 벡터 포맷인 .OBJ 파일로 추출하는 단계이다.
- [0052] 단계 S115는 3차원 폴리곤 면의 구조물을 사면체 구조물로 변화시키는 오픈소스 코드인 TetGen 코드에 단계 S114에서 추출한 .OBJ 파일을 적용하여 사면체 모델을 획득한다.
- [0053] 도 7에 TeTgen코드를 이용한 사면체 환자 모델이 예시되어 있고 도 8에 사면체의 구조가 예시되어 있다.
- [0054] 이러한 사면체 모델의 기본 구조 정보는 element 및 node 두 가지 파일에 저장된다. element 파일은 모델을 이루고 있는 사면체의 꼭지점 번호(node 번호) 및 사면체에 포함된 volume의 번호 정보가 포함되어 있으며 node 파일은 각 꼭지점 번호에 해당하는 좌표 정보가 포함되어 있다.
- [0055] 단계 S115에서 사면체 모델을 획득한 경우에는 기저층 구체화단계(S120)를 수행한다.
- [0056] 기저층 구체화단계(S120)는 환자 피부 기저층의 두께를 50 MHz 이상의 고주파 초음파를 이용하여 측정함으로써 아주 얇은 두께를 가진 기저층의 상태까지도 확인이 가능하도록 한다.
- [0057] 음원에서 발생하는 소리 에너지는 일정한 주파수를 가지는 파동 형태로 전달된다. 그 중 높은 주파수를 가지는 음파를 초음파라고 하는데 초음파는 음파이기 때문에 빛과는 달리 전파되기 위해서 매개체가 필요하며 매개체의 특성에 따라 전달 속도에 차이가 나게 된다.
- [0058] 특히, 인체 조직은 주 구성 요소가 수분이기 때문에 초음파의 신체 내에서의 전달 속도는 물에서의 전달 속도와 유사하나 인체는 공기로 채워진 폐 혹은 높은 밀도인 골 조직과 같이 물질의 특성이 달라 음파의 전파 속도가 달라지게 된다.
- [0059] 음파의 전파 속도에 영향을 미치는 요소는 다음 수학적 1과 같이 주파수와 파장의 곱으로 나타난다.

수학적 1

- [0060] $\text{전파속도}(m/s) = \text{주파수}(Hz) * \text{파장}(m)$
- [0061] 이를 이용하여 인체의 골 조직, 공기, 지방 조직 등을 통과하는 과정에서 음파가 흡수, 반사, 산란 등이 일어나며 전파 속도가 변하게 되는 것을 이용하는 것이다.
- [0062] 즉, 초음파의 전파 속도의 차이를 이용하여 반사 혹은 굴절되어 돌아오는 음파를 측정하여 영상으로 나타내는 것이다.
- [0063] 이때, 음파의 주파수는 영상의 공간적 해상도에 비례하므로, 주파수가 높을수록 공간적 해상도가 좋아져서 물체를 더 자세히 들여다 볼 수 있게 되는 것이다.
- [0064] 『T.J.S. Van Mulder a,b,, M. de Koeijer a, H. Theeten b, D. Willems a, P. Van Dammeb, M. Demolder c, G. De Meyer c, K.C.L. Beyers a,d, V. Vankerckhoven(2016), High frequency ultrasound to assess skin

thickness in healthy adults』에 높은 주파수 초음파를 이용하여 피부 두께를 평가하는 방법에 대한 논문으로, Materials and Methods 2.1 study method 부분에서 언급한 바와 같이 측 방향 해상도 $40\mu\text{m}$, 측 방향 해상도 $90\mu\text{m}$ 해상도를 가진 40MHz 초음파를 이용하여 피부의 두께를 평가하는 것이 개시되어 있다.

- [0065] 추가적으로 『DermaScan C USB High Frequency Skin Ultrasound』 Brochure에는 CORTEX사의 피부 전용 초음파 기계인 DermaScan C에 대한 스펙이 있다. 이에 따르면 50MHz 옵션을 이용하면 $30 \times 60\mu\text{m}$ 공간해상도를 정의할 수 있다고 기재되어 있다.
- [0066] 위 두가지에 근거하여 50MHz 이상의 초음파를 이용하면 $50\mu\text{m}$ 두께의 매우 얇은 기저층의 상태를 평가할 수 있는 것이다.
- [0067] 단계 S100에서 모의피폭체 제작이 완료되면 이를 Geant4 전산모사 시스템에 적용하여 피부선량을 측정한다 (S200~S300).
- [0068] 전산모사 시행단계(S200)는 Element, node file 정보를 Geant4 전산모사 시스템에서 읽어드리게 한다. 읽어드린 정보를 Geant4에서 제공하는 G4Tet라는 함수를 이용하여 각각의 4면체를 재구성하여 하나의 모델로 구현하며, 이때 각각의 사면체에 피부, 뼈, 뇌, 조직 같은 물질정보를 입력하여 환자 특성에 맞는 모의피폭체를 전산모사 상에 구현한다.
- [0069] 이러한 사면체의 구조가 도 8에 예시되어 있다.
- [0070] 상술한 바와 같이 사면체 모델의 기본 구조 정보는 element 및 node 두 가지 파일에 저장되어 있다. element 파일은 모델을 이루고 있는 사면체의 꼭지점 번호(node 번호) 및 사면체에 포함된 volume의 번호 정보가 포함되어 있으며 node 파일은 각 꼭지점 번호에 해당하는 좌표 정보가 포함되어 있다.
- [0071] 그 후 DICOM file에서 치료방사선에 대한 치료조건 정보를 Geant4 전산모사 시스템에 이식하여 실제 치료와 같은 상황을 전산모사하여 이때 만들어 놓은 피부층에서의 선량을 획득한다.
- [0072] ICRP 116 report Annex G 부분에 의하면 피부에 대한 선량은 피부표면에서 $50\sim 100\mu\text{m}$ 깊이에 존재하는 세포분열이 일어나 방사선에 대하여 매우 민감한 기저층(Basal layer)에서 평가되어야 한다고 권고하고 있다.
- [0073] 하지만, 현재 상용되는 일반적인 방사선 치료 계획 시스템은(Radiation Treatment Planning System) 많은 연구에서 피부선량을 정확히 평가하지 못한다고 보고되어 왔다.
- [0074] 우선, CT image를 기반으로 수립되는 방사선 치료 계획 시스템은 CT image자체에 해상도에 한계로 인하여 약 $50\mu\text{m}$ 두께를 가진 매우 얇은 층인 기저층을 정확히 표현할 수 없으며, 실질적으로 치료 방사선이 지나간 위치에서의 선량(local dose)을 평가해야 하지만 현재 상용되는 일반적인 방사선 치료계획 시스템은 환자의 표면 전체에 대하여 평균화 하여 피부선량을 예측하고 있다.
- [0075] 그러므로 본 연구팀이 개발한 알고리즘을 사용하여 현재 방사선 치료 계획 시스템의 한계로 인해 정확히 표현할 수 없는 $50\mu\text{m}$ 두께의 기저층을 표현하여 이 위치에서의 선량을 평가하였다. 이때의 피부선량은 모델링된 기저층의 두께의 변화를 주어 평가하였다.
- [0076] 도 10에 기저층 두께의 따른 피부선량의 선량용적 히스토그램이 도시되어 있다.
- [0077] 사람의 평균 피부 두께는 약 $2,000\mu\text{m}$ 이다. 이때, 각각 $50, 600, 2,000\mu\text{m}$ 의 두께에서 방사선량이 평가되었으며 평균 선량 차이는 최대 약 37 % 차이를 보였다.
- [0078] 상술한 바와 같이 환자의 피부층을 정밀 묘사한 모의피폭체를 제작하기 위한 과정으로는 우선, 치료 전 시행되어 얻어지는 환자의 CT 영상에서 환자의 윤곽선 데이터를 획득하여, 환자의 윤곽을 3차원적으로 표현하는 과정을 거친다. 그 후에 3차원적 윤곽은 그대로 유지하고 기저층 두께 만큼 부피를 감소시켜 기저층 부분을 구체화 한 모의피폭체를 제작할 수 있다. 하지만, 기저층이 존재하는 깊이는 환자의 나이, 성별, 몸무게 등의 신체 조건에 따라 다르며, 동일한 환자에 대해서도 피부위치에 따라 그 두께가 다르다.
- [0079] 그러므로 본 시스템을 구축하기 위하여 환자 피부 기저층의 두께를 임상적으로 측정할 필요가 있다. 일반적으로 피부과에서 사용되어지는 초음파 기기는 피부의 상태를 평가하기 위하여 사용되는데, 50MHz 이상의 고주파 초음파를 이용하면 아주 얇은 두께를 가진 기저층의 상태까지도 확인할 수 있다.
- [0080] 그러므로 고주파 초음파를 이용하여 환자의 피부 기저층 두께를 측정하면 환자 피부 특성을 고려한 환자 맞춤형 모의피폭체를 제작 할 수 있다.

[0081] 완성된 환자 맞춤형 모의피폭체를 'Geant4' 전산모사 시스템에 적용하고 환자가 받게 될 치료 환경과 동일한 환경을 구축하여 전산모사를 시행하면 정확한 피부선량을 예측할 수 있는 것이다.

[0082]

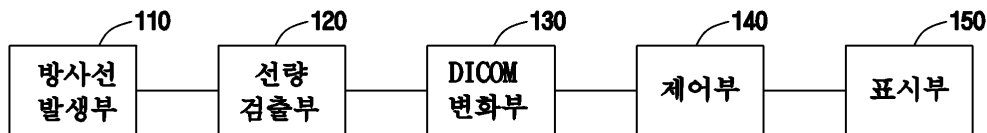
[0083] 이상에서 본 발명은 기재된 구체예에 대하여 상세히 설명되었지만 본 발명의 기술사상 범위 내에서 다양한 변형 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허 청구범위에 속함은 당연한 것이다.

부호의 설명

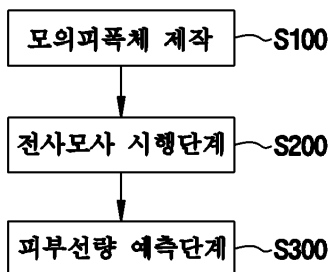
[0084] 110 : 방사선발생부 120 : 선량검출부
130 : DICOM변화부 140 : 제어부
150 : 표시부

도면

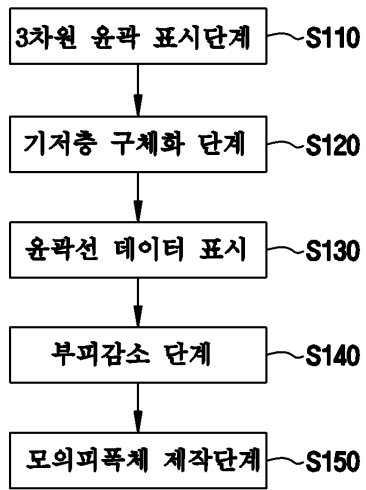
도면1



도면2



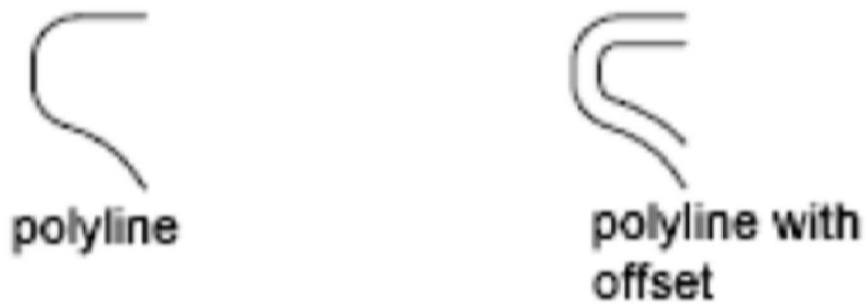
도면3



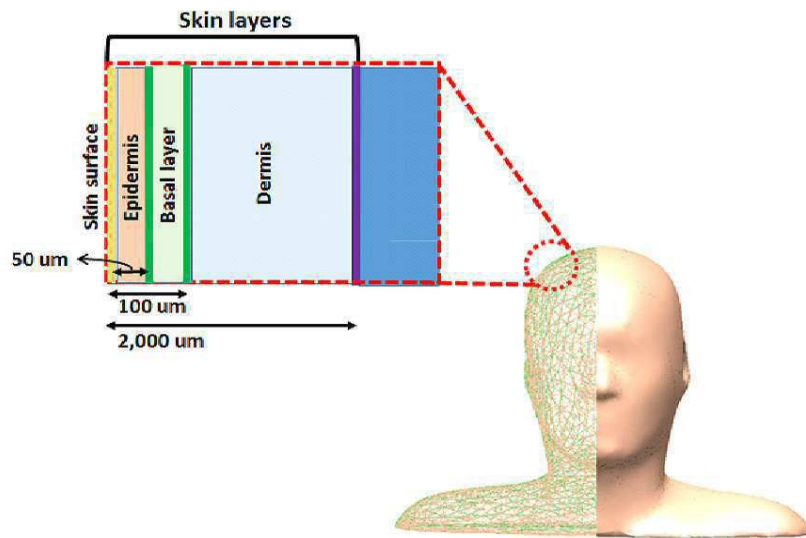
도면4



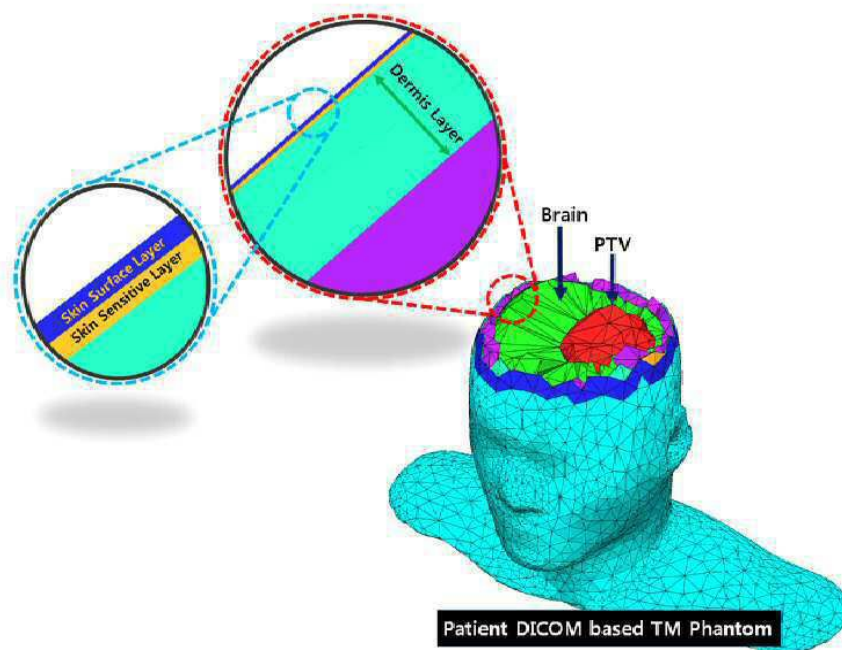
도면5



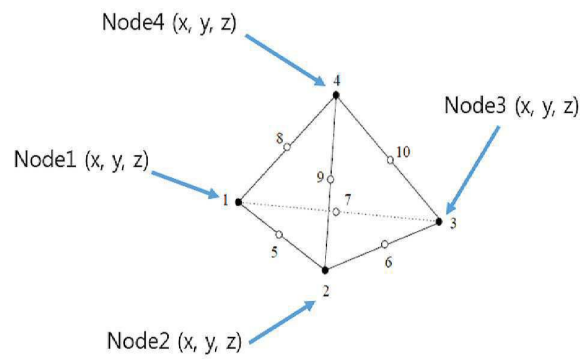
도면6



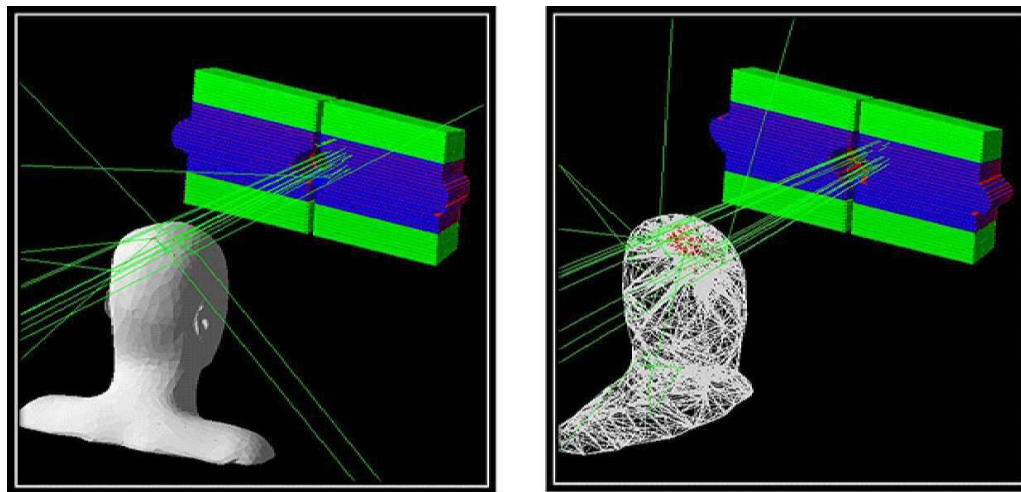
도면7



도면8



도면9



도면10

