(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0033787
(43) 공개일자 2024년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2024.01) *A61B 90/00* (2016.01)
G16H 30/20 (2018.01) *G16H 30/40* (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/5211 (2013.01)
A61B 6/5223 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0112480
(22) 출원일자 2022년09월06일
심사청구일자 2022년09월06일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
숭실대학교산학협력단
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)
(72) 발명자
최장환
서울특별시 마포구 마포대로 53 마포트라팰리스 C동 302호
이효정
서울특별시 용산구 백범로43길 8 3층
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상수

전체 청구항 수 : 총 17 항

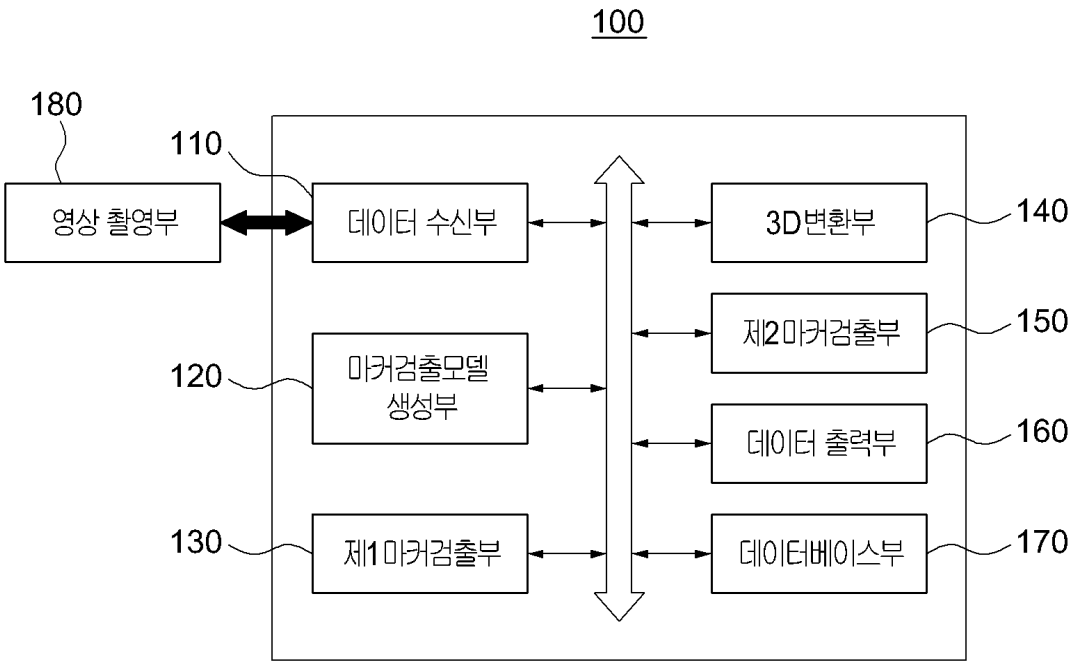
(54) 발명의 명칭 **엑스선 영상 내 신체의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법**

(57) 요 약

본 발명의 일실시예에 따른 엑스선 영상에 기반하여 신체의 마커를 예측하여 두개골, 골반, 척추 등의 진단 및 치료, 수술 계획을 원활히 지원하는 마커 자동 검출 시스템은, 엑스선 영상 데이터를 수신하는 데이터 수신부; 딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D(2-

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



dimensional)마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하는 마커검출모델 생성부; 상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 제1마커검출부; 상기 검출된 제1의 2D마커를 3D(3-dimensional)로 역투영(back projection) 하여 상기 검출된 제1의 2D마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵(belief map)을 생성하는 3D변환부; 상기 3D 빌리프 맵을 전방투영(forward projection)하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D마커를 산출하며, 상기 제2의 2D마커와 상기 제1의 2D마커와의 제1손실값(loss)을 계산하는, 제2마커검출부; 상기 제2 마커검출부에서 산출된 제2의 2D 마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력하는 데이터 출력부를 포함할 수 있다.

이러한 구성에 따르면, 상대적으로 적은 데이터와 경제적인 비용으로 엑스선 영상 내 신체의 마커를 높은 정확성과 경제성으로 검출할 수 있다.

(52) CPC특허분류
A61B 90/39 (2016.02)
G16H 30/20 (2018.01)
G16H 30/40 (2018.01)
A61B 2090/392 (2016.02)

(72) 발명자
마세리
경기도 성남시 분당구 야탑로 125 아이파크 105동 1402호

이정진
서울특별시 서초구 고무래로 89 103동 1004호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137907
과제번호	KMDF_PR_20200901_0016-04
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	(재단)범부처전주기의료기기연구개발사업단
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)(과기정통부,복지부,산업부)
연구과제명	(참여3)3D Navigation 융합형 저선량 CArm CT 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	이화여자대학교산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

엑스선 영상에 기반하여 신체의 마커를 자동으로 검출하는 시스템에 있어서,

엑스선 영상 데이터를 수신하는 데이터 수신부;

딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D(2-dimensional)마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하는 마커검출모델 생성부;

상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 제1마커검출부;

상기 검출된 제1의 2D마커를 3D(3-dimensional)로 역투영(back projection) 하여 상기 검출된 제1의 2D마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵(belief map)을 생성하는 3D변환부;

상기 3D 빌리프 맵을 전방투영(forward projection)하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D 마커를 산출하는, 제2마커검출부;

상기 제2 마커검출부에서 산출된 제2의 2D마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력하는 데이터 출력부를 포함하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2마커검출부는 상기 제2의 2D 마커와 상기 제1의 2D 마커 간의 제1손실값(loss)을 계산하고,

상기 마커검출모델 생성부는, 마커 검출 정확도를 향상시키도록, 상기 2계산된 제1손실값을 사용하여 상기 마커검출모델을 추가 학습시키는 것을 특징으로 하는, 마커 자동 검출 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서

상기 마커검출모델 생성부는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역(Region of Interest, ROI)을 검출하여 마커를 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2 손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 마커검출모델 생성부는 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 증강된 패치들은 특징점이 패치내에 위치하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 마커검출모델 생성부는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵(binary map)으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 마커검출모델 생성부는 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델(pretrained model)로 저장하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 3D변환부는 상기 제1마커검출부를 통해 추출한 제1의 2D마커를 역투영하여 3D좌표값을 얻고 이 3D좌표값들의 평균값을 계산한 3D 빌리프 맵을 생성하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커들의 수가 많을수록 정확도가 증가하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 10

제 2 항에 있어서,

상기 제2 마커검출부는 상기 마커예측모델로 추출한 제1의 2D마커의 좌표값과 상기 제2의 2D마커좌표들의 제1손실값을 계산하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 마커 자동 검출 시스템은 데이터베이스부를 포함하며,

상기 데이터베이스부는 상기 엑스선 영상 데이터, 제1의 2D마커좌표, 제2의 2D마커좌표, 사전학습모델, 제1손실값, 제2손실값을 저장하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 시스템

청구항 12

엑스선 영상에 기반하여 신체의 마커를 자동으로 검출하는 방법에 있어서,

엑스선 영상 데이터를 수신하는 데이터 수신 단계;

딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하는 마커검출모델 생성 단계;

상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 제1마커검출 단계;

상기 검출된 제1의 2D마커를 3D로 역투영하여 상기 검출된 제1의 2D 마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵을 생성하는 3D변환 단계;

상기 3D 빌리프 맵을 전방투영하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D 마커를 산출하는, 제2마커검출 단계;

상기 제2 마커검출 단계에서 산출된 제2의 2D마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력하는 데이터 출력 단계를 포함하는 마커 자동 검출 방법

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 제2마커검출 단계에서, 상기 제2의 2D 마커와 상기 제1의 2D 마커 간의 제1손실값(loss)을 계산하는 단계를 더 포함하며,

마커 검출 정확도를 향상시키도록, 상기 제2마커검출단계에서 계산된 제1손실값을 사용하여 상기 마커검출모델을 추가 학습시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 마커 자동 검출 방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 마커검출모델 생성단계는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역을 검출하여 특징점을 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2 손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선하는 단계를 포함하며, 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강하는 것을 포함하며, 상기 증강된 패치들은 특징점이 패치내에 위치하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 방법

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 마커검출모델 생성단계는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있으며, 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델로 저장하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 방법

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 3D변환단계는 상기 제1마커검출단계를 통해 추출한 제1의 2D마커를 역투영하여 3D좌표값을 얻고 이 3D좌표값들의 평균값을 계산한 3D 빌리프 맵을 생성하며, 상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커들의 수가 많을수록 정확도가 증가하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 방법

청구항 17

제 13항에 있어서,

상기 제2마커검출단계는 상기 마커예측모델로 추출한 제1의 2D마커의 좌표값과 상기 제2의 2D마커좌표들의 제1 손실값을 계산하는 것을 특징으로 하는 마커 자동 검출 방법

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 엑스선 영상 내 신체의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 엑스선 영상을 이용하여 신체의 마커를 예측하는 딥러닝 기반의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 두개골, 골반, 척추 등의 진단 및 치료, 수술 계획 수립 시에는 엑스선 영상에서 몇몇 주요한 해부학적 부위들 간의 거리를 계측하는 작업이 수반되어야 한다. 기존에는 거리를 계측하기 위하여 숙련된 판독의에 의해 신체의 주요 마커를 식별하는 작업이 이루어졌으나, 이러한 방식은 매우 시간 소모적일 뿐만 아니라 작업의 재현성을 확보하지 못하기 때문에 비효율적이라는 한계점이 있었다. 따라서 최근에는 신체의 주요한 해부학적 부위들을 자동으로 검출 및 식별하기 위한 인공지능 기반 접근 방식들이 제시되고 있다.

[0003] 마커 검출의 전통적인 연구 사례로는 템플릿 매칭, 지식 기반 시스템, 그리고 회귀를 활용한 방식 등이 있다. 템플릿 매칭 방식은 선명도와 엑스선 대비, 노이즈를 고려해야 하므로 전처리 기술이 정확도에 큰 영향을 미쳤으며 이 방식은 시간 소모적이라는 문제점이 있다. 또한 지식 기반 시스템의 경우, 숙련된 전문의의 시간과 노력이 들며 특히 동일한 물체에 대해 다양한 각도에서 획득된 엑스선 영상마다 매번 수동으로 마커 라벨링을 수행해야 하므로 재현의 어려움 등의 한계점들이 존재한다. 마지막으로 회귀 기법을 통한 검출 방식은 점진적인 단계를 통과하여 정답에 근접해나가는 것이 아니라 단번의 예측만으로 결과를 도출해내기 때문에 정확도가 떨어진다는 단점이 있다.

[0004] 이후에는 이러한 문제점을 해결하기 위해 합성곱 신경망(Convolutional neural networks, CNN) 기반의 검출 방식들이 제안되었으나, 이러한 방법 또한 최종적으로 도출된 좌표에 대한 보정 단계를 거치지 않기 때문에 여전히 낮은 정확도를 보인다는 문제점과 데이터가 증가할수록 시간과 비용의 소모가 증가한다는 단점이 있다. 이외에도 엑스선과 같은 의료영상의 경우 자연 영상과 달리 방대한 양의 데이터 수집이 어려운 구조이기 때문에 인공지능 모델을 과적합 없이 학습시키기 어렵다는 기존 연구의 한계점이 있다.

[0005] 이와 관련하여 한국특허공개공보 제10-2020-0058316호에서는 엑스레이 이미지와 딥러닝 기술인 신경망 인공지능 기술을 사용하여 인체 내 계측점, 즉 마커를 추적하는 기술을 개시하고 있다. 그러나 상기 선행기술문헌에서도 도출된 마커의 좌표를 보정하는 단계를 거치지 않으며, 한정되는 엑스선 영상 데이터로 인해 마찬가지로 인공지능 모델이 과적합 될 수 있다는 한계점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제10-2020-0058316호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 이상과 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명이 이루고자 하는 과제는 엑스선 영상을 이용하여 신체의 마커를 높은 정확성, 경제성 및 효율성으로 예측하는 딥러닝 기반의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 이루고자 하는 과제는 엑스선 영상으로 생성한 패치를 활용하여 데이터의 크기를 줄이고, 생성한 패치의 증강을 통해 학습 데이터를 증강하여 신체의 마커를 높은 정확성, 경제성 및 효율성으로 예측하는 딥러닝 기반의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예에 따른 엑스선 영상에 기반하여 신체의 마커를 예측하는 마커 자동 검출 시스템에 있어서, 엑스선 영상 데이터를 수신하는 데이터 수신부; 딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D(2-dimensional)마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하는 마커검출모델 생성부; 상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D 마커를 검출하는 제1마커검출부; 상기 검출된 제1의 2D마커를 3D(3-dimensional)로 역투영(back projection) 하여 상기 검출된 제1의 2D 마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵(belief map)을 생성하는 3D변환부; 상기 3D 빌리프 맵을 전방투영(forward projection)하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D 마커를 산출하는, 제2마커검출부; 상기 제2마커검출부에서 산출된 제2의 2D마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력하는 데이터 출력부를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제2마커검출부는 상기 제2의 2D 마커와 상기 제1의 2D 마커 간의 제1손실값(loss)을 계산하고, 상기 마커검출모델 생성부는, 마커 검출 정확도를 향상시키도록, 계산된 제1손실값을 사용하여 상기 마커검출모델을 추가 학습시킬 수 있다.

[0013] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 마커검출모델 생성부는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역(Region of Interest, ROI)을 검출하여 마커를 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선할 수 있다. 상기 마커검출모델 생성부는 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강할 수 있다. 상기 증강된 패치들은 특징점이 패치내에 위치한다. 상기 마커검출모델 생성부는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵(binary map)으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있도록 한다. 상기 마커검출모델 생성부는 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델(pretrained model)로 저장할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 3D변환부는 상기 제1마커검출부를 통해 추출한 제1의 2D마커를 역투영하여 3D좌표값을 얻고 이 3D좌표값들의 평균값을 계산한 3D 빌리프 맵을 생성할 수 있다. 상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커들의 수가 많을수록 정확도가 증가할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제2 마커검출부는 상기 마커예측모델로 추출한 제1의 2D마커의 좌표값과 상기 제2의 2D마커좌표들의 제1손실값을 계산할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 마커 자동 검출 시스템은 데이터베이스부를 포함하며, 상기 데이터베이스부는 상기 엑스선 영상 데이터, 제1의 2D마커좌표, 제2의 2D마커좌표, 사전학습모델, 제1손실값, 제2손실값을 저장할 수 있다.

[0017] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 엑스선 영상에 기반하여 신체의 마커를 예측하는 마커 자동 검출 방법에 있어서, 엑스선 영상 데이터를 수신하는 데이터 수신단계; 딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하는 마커검출모델 생성 단계; 상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 제1마커검출 단계; 상기 검출된 제1의 2D마커를 3D로 역투영하여 상기 검출된 제1의 2D마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵을 생성하는 3D변환 단계; 상기 3D 빌리프 맵을 전방투영하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D마커를 산출하는, 제2마커검출 단계; 상기 제2 마커검출 단계에서 산출된 제2의 2D마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력

하는 데이터 출력단계를 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제2마커검출 단계에서, 상기 제2의 2D 마커와 상기 제1의 2D 마커 간의 제1 손실값(loss)을 계산하는 단계를 더 포함하며,_마커 검출 정확도를 향상시키도록, 상기 제2마커검출단계에서 계산된 제1손실값을 사용하여 상기 마커검출모델을 추가 학습시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 마커검출모델 생성단계는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역을 검출하여 특징점을 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2 손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선하는 단계를 포함하며, 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강하는 것을 포함하며, 상기 증강된 패치들은 특징점이 패치내에 위치할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 마커검출모델 생성단계는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있으며, 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델로 저장할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 3D변환단계는 상기 제1마커검출단계를 통해 추출한 제1의 2D마커를 역투영하여 3D좌표값을 얻고 이 3D 좌표값들의 평균값을 계산한 3D 빌리프 맵을 생성하며, 상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커들의 수가 많을수록 정확도가 증가할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제2마커검출단계는 상기 마커예측모델로 추출한 제1의 2D마커의 좌표값과 상기 제2의 2D마커좌표들의 제1손실값을 계산하여 마커예측모델의 정확도를 개선시킬 수 있다.

[0023] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 마커 자동 검출방법은 데이터베이스 단계를 포함하며, 상기 데이터베이스 단계는 상기 엑스선 영상 데이터, 제1의 2D 마커좌표, 제2의 2D마커좌표, 사전학습모델, 제1손실값, 제2손실값을 저장할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예에 따르면, 엑스선 영상을 이용하여 신체의 마커를 높은 정확성, 경제성, 및 효율성으로 예측하여 두개골, 골반, 척추 등의 진단 및 치료, 수술 계획을 원활히 지원하는 딥러닝 기반의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법을 제공할 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예에 따르면, 패치를 이용한 2D마커 검출 기법과 전방투영과 역투영 등의 투영기법으로 생성한 3D 빌리프 맵을 활용하여 손실값을 계산하는 방법을 융합하여 신체의 마커를 높은 정확성, 경제성, 및 효율성으로 예측하여 두개골, 골반, 척추 등의 진단 및 치료, 수술 계획을 원활히 지원하는 딥러닝 기반의 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법을 제공할 수 있다. 본 발명은 학습에 사용될 수 있는 2D 엑스선 영상의 취득 각도가 다양할수록 더욱 높은 정확도를 보일 수 있을 것으로 기대된다.

[0027] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하는 딥러닝 기반 마커 자동 검출 시스템의 개략적인 구성을 나타내는 블록도를 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하는 딥러닝 기반 마커 자동 검출 방법의 흐름도를 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하는 딥러닝 기반 마커 자동 검출 시스템의 마커검출모델의 학습 과정을 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 상기 3D 빌리프 맵의 생성 과정을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0031] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대하여 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하여 신체의 마커 위치를 예측하여 두개골, 골반, 척추 등의 진단 및 치료, 수술 계획을 원활히 지원하기 위한 딥러닝 기반 마커 자동 검출 시스템(100)의 개략적인 구성을 나타내는 블록도를 도시한다. 도 1을 참조하면, 상기 마커 자동 검출 시스템(100)은 데이터수신부(110), 마커검출모델 생성부(120), 제1마커검출부(130), 3D변환부(140), 제2마커검출부(150), 데이터 출력부(160), 데이터베이스부(170)을 포함할 수 있다. 상기 마커 자동 검출 시스템(100)은 엑스선 영상 데이터를 제공하는 영상촬영부(180)를 추가로 포함할 수도 있다.

[0035] 상기 데이터 수신부(110)는 서버 또는 외부 기관 혹은 영상촬영부(180)를 통해 엑스선 영상 데이터를 수신하며, 상기 수신한 엑스선 영상 데이터를 데이터베이스부(170)에 저장할 수 있다.

[0036] 상기 마커검출모델 생성부(120)는 딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D(2-dimensional)마커를 검출하는 마커검출모델을 생성할 수 있다. 상기 딥러닝 모델로는 합성곱 신경망(Convolutional neural networks, CNN)을 사용할 수 있으나 이 외에도 2D마커를 검출할 수 있는 성능을 가진 딥러닝 모델이라면 사용가능하다. 상기 마커검출모델 생성부(120)는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역(Region of Interest, ROI)을 검출하여 마커를 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2 손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선할 수 있다. 상기 마커검출모델 생성부(120)는 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강할 수 있다. 상기 증강된 패치들은 특징점이 패치 내에 위치하는 것이 바람직하다. 상기 마커검출모델 생성부(120)는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵(binary map)으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있도록 한다.

[0037] 이러한 이진화 패치 기반 검출 방법은 본 발명의 일 실시예에서는 의료용으로 사람이나 동물의 신체의 엑스선 영상에 적용하였으나, 의료영상뿐만 아니라 산업 또는 기타 엑스선 영상에도 적용 가능하다.

[0038] 상기 마커검출모델 생성부(120)는 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델(pretrained model)로 저장할 수 있다. 상기 사전학습모델은 학습에 사용되지 않은 유사한 데이터를 통해 빠르고 정확하게 검출을 수행할 수 있다.

[0039] 상기 제1마커검출부(130)는 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 상기 수신된 엑스선 영상 데이터의 제1의 2D 마커를 검출할 수 있다.

[0040] 상기 3D변환부(140)는 제1마커검출부(130)를 통해 추출한 제1의 2D마커를 3D로 역투영하여 상기 검출된 제1의 2D마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵을 생성할 수 있다. 상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커의 엑스선 영상의 취득 각도가 다양할수록 높은 정확도를 보일 수 있다.

[0041] 상기 제2마커검출부(150)는 상기 3D 빌리프 맵을 전방투영하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D마커를 산출하며, 상

기 제2의 2D마커와 상기 제1의 2D마커와의 제1손실값을 계산할 수 있다. 상기 계산된 손실값은 마커예측모델의 예측 정확도를 증가시킬 수 있다.

[0042] 상기 데이터 출력부(160)는 상기 제2 마커검출부에서 산출된 제2의 2D 마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력할 수 있다.

[0043] 상기 데이터베이스부(170)는 상기 엑스선 영상 데이터, 제1의 2D마커좌표, 제2의 2D마커좌표, 사전학습모델, 제1손실값, 제2손실값을 저장할 수 있다.

[0044] 상기 영상촬영부(180)는 3D복셀 상에서 데이터 증강 및 투영을 위한 카메라 행렬(camera matrix)을 도출하고, 이를 위해 일반적인 핀홀 카메라 모델에서 원 간 좌표 변환 시 사용되는 관계식을 활용할 수 있으나 이에 제한되지는 않는다. 전방투영으로 얻은 2D 이미지와 2D 카메라 행렬은 투영 행렬을 이용한 동차적인 2차원 상의 (u, v) 마커 좌표값을 얻기 위해서도 사용할 수 있다.

[0045] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 이진화맵은 마스킹 기법을 이용하여 형성되며, 마스킹 기법은 배열을 대상으로 하여 배열 내 모든 값들 중 특정한 조건을 만족하는 것들만 선별하여 조건을 만족하는 경우에는 1이 되고, 그렇지 않은 경우에는 0이 되도록 한다. 상기의 이진화맵으로 처리된 상기의 패치들은 마커부분을 제외한 배경부분이 0이 되어 마커검출모델이 상기 이진화된 패치들로 학습 시에 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있다.

[0046] 전방투영은 3D공간에 있는 점을 이미지 평면에 투영시키는 것이며, 아래의 식은 전방투영을 하는 한가지 방법이다. 투영 기준점(projection reference point)을 좌표계의 원점으로 잡는 경우, 3D 상의 임의의 점 P를 p'으로 투영시키는 변환 행렬은 다음과 같다.

$$s\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/d & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0047] --------식(1)

[0048] 상기 식에서 s(u, v)는 p'의 좌표값을 의미한다. 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 전방투영은 상기의 식 (1)에 의해 이루어질 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0049] 역투영은 2D좌표를 3D공간상의 좌표로 투영시키는 것이며 아래의 공식을 따른다.

$$b(x,y) = b_p(r,\emptyset) = \int_0^{\pi} g(r\cos(\theta - \emptyset), \theta) d\theta$$

[0050] --------식(2)

[0051] 상기 식에서 투영할 데이터 g함수를 역투영하여 b(x, y)를 얻는다. 이러한 역투영 과정은 투영할 데이터인 g함수의 뷰의 수가 많아 질수록 이미지의 정확도가 높아질 수 있다. 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 역투영은 상기의 식 (2)에 의해 이루어질 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0052] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하는 딥러닝 기반 마커 자동 검출 방법의 흐름도를 도시한다. 이러한 딥러닝 기반 마커 자동 검출 방법은 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 도 1에서 도시된 마커 자동 검출 시스템(100)에 의해 수행될 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0053] 도 2를 참조하면, 상기 마커 자동 검출 방법(S200)은 데이터 수신단계(S210)에서 엑스선 영상 데이터를 수신하고, 마커검출모델 생성단계(S220)에서 딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 마커검출모델을 생성하며, 제1마커검출단계(S230)에서 상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출한다. 그 후, 3D변환단계(S240)에서 상기 검출된 제1의 2D마커를 3D로 역투영하여 상기 검출된 제1의 2D마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 빌리프 맵을 생성하고, 제2마커검출단계(S250)에서 상기 3D 빌리프 맵을 전방투영하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D마커를 산출하며, 상기 제2의 2D마커와 상기 제1의 2D마커와의 제1손실값을 계산한 후, 데이터 출력단계(S260)에서 상기 제2의 2D마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력한다. 상기 딥러닝 모델로는 합성곱 신경망(Convolutional neural networks, CNN)을 사용할 수 있으나 이 외에도 2D마커를 검출할 수 있는 성능을 가진 딥러닝 모델이라면 사용가능하다.

[0054] 상기 마커 자동 검출 방법(S200)는 마커 검출 정확도를 향상시키도록, 상기 제2마커검출단계(S250)에서 계산된

제1손실값을 사용하여 상기 마커검출모델을 추가 학습시킬 수 있다. 상기 마커검출모델 생성단계(S220)는 엑스선 영상 데이터 상에서 관심영역을 검출하여 특징점을 중앙점으로 가지는 박스 형태의 패치를 생성하고 상기 학습 데이터의 마커의 패치와 비교하여 제2 손실값을 계산하고 제2손실값에 기초하여 마커예측모델의 정확도를 개선하는 단계를 포함하며, 상기 생성한 패치를 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시켜 마커예측모델의 학습 데이터를 증강하는 것을 포함하며, 상기 증강된 패치들은 특징점이 패치내에 위치하는 것이 바람직하다. 상기 마커검출모델 생성단계(S220)는 상기 증강된 패치들을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵으로 마스킹시켜 상기 마커검출모델이 배경의 노이즈를 무시하고 특징점에 집중하여 학습할 수 있으며, 상기 증강과 이진화가 이루어진 패치들로 마커예측모델을 학습시키고, 다량의 데이터로 학습된 모델을 사전학습모델로 저장할 수 있다.

[0055] 이러한 이진화 패치 기반 검출 방법은 본 발명의 일 실시예에서는 의료용으로 사람이나 동물의 신체의 엑스선 영상에 적용하였으나, 의료영상뿐만 아니라 산업 또는 기타 엑스선 영상에도 적용 가능하다.

[0056] 상기 3D변환단계(S240)는 상기 제1마커검출단계(230)를 통해 추출한 제1의 2D마커를 역투영하여 3D좌표값을 얻고 이 3D좌표값들의 평균값을 계산한 3D 빌리프 맵을 생성하며, 상기 3D 빌리프 맵은 추출한 제1의 2D마커들의 수가 많을수록 정확도가 증가할 수 있다.

[0057] 상기 제2마커검출단계(S250)는 상기 마커예측모델로 추출한 제1의 2D마커의 좌표값과 상기 제2의 2D마커좌표들의 손실값을 계산하여 마커예측모델의 정확도를 개선시킬 수 있다.

[0058] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 엑스선 영상을 이용하는 딥러닝 기반 마커 자동 검출 시스템의 마커검출모델의 학습 과정을 도시한다.

[0059] 도 3을 참조하면, (a)는 3D의 영상을 2D로 투영한 엑스선 영상 데이터를 의미하고, (b)는 엑스선 영상 데이터 (a)의 관심영역을 추출하여 패치를 생성하고 생성된 패치(c)를 기반으로 중심 특징점을 기준으로 스칼라 연산을 통해 상하좌우로 이동하며 패치들을 증강시킨 결과가 (d)이다. 이 후, (d)를 통해 추출된 패치들(e)을 특징점과 배경이 마스크로 처리된 이진화맵을 이용하여 마스킹된 패치(f)를 얻는다. 다량의 마스킹된 패치(f)를 마커검출모델(g)의 학습데이터로 사용하여 원하는 마커의 좌표를 얻을 수 있다.

[0060] 이러한 이진화 패치 기반 검출 방법은 본 발명의 일 실시예에서는 의료용으로 사람이나 동물의 신체의 엑스선 영상에 적용하였으나, 의료영상뿐만 아니라 산업 또는 기타 엑스선 영상에도 적용 가능하다.

[0061] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 상기 3D 빌리프 맵의 생성 과정을 도시한다.

[0062] 도 4를 참조하면, 엑스선의 광원(X-ray source)(1)이 투영하려는 물체를 향해 쏘아지면, 2D마커를 검출하는 (2)에서 2D상에서 검출된 2D마커좌표인 $r_j^{2D}(u,v)$ 를 얻고, 이를 다시 역투영(3)하여 3D좌표값을 얻을 수 있다. 상기의 과정들을 다양한 엑스선의 광원들을 통해 반복하여 2D마커를 검출하는 (2-1)과 (2-2) 등에서 검출한 마커 좌표 $m_j^{2D}(u_m, v_n)$ 을 얻고, 이를 다시 역투영(3)하여 3D좌표들을 얻는다. 상기의 3D좌표들의 평균을 구하여 3D 빌리프 맵의 좌표 $r_j^{3D}(x,y,z)$ (4)를 형성하고, 형성된 3D 빌리프 맵을 정투영(5)하여 제2의 2D마커좌표를 얻을 수 있다. 3D 빌리프 맵을 기반으로 얻은 제2의 2D마커좌표를 상기 패치 기반으로 획득한 제1의2D마커좌표와 손실값을 계산하여 상기 마커검출모델의 성능을 개선할 수 있다.

[0063] 상기 3D 빌리프 맵은 엑스선이 전체 360° 의 각도에서 쏘아져서 총 360장의 2D 영상이 생성되었을 경우, 역투영을 거친다면 동일한 마커에 대한 360개의 좌표가 서로 다른 뷰(view)에서 투사됨에 따라 신뢰성 있는 3D 빌리프 맵을 도출할 수 있다. 또한, 어떤 뷰에서는 마커가 뼈와 같은 장애물에 가려져 제대로 검출되지 않을 수 있고, 또 다른 뷰에서는 위치가 잘 드러남에 따라 검출 정확도가 높을 수 있다. 따라서 동일한 마커에 대해 서로 다른 각도에서 수행된 검출 결과를 모두 3D상으로 투영시킨 뒤 3D상에서 그 평균을 계산한다면, 마커 검출의 오차율이 높았던 2D에서의 마커 검출 결과가 보정될 수 있다. 3D 상에서 계산된 평균 좌표인 3D 빌리프 맵은 패치 기반의 2D마커 검출 결과에 따라 약간의 분산이 있는 형태로 표현될 수도 있다.

[0064] 이상에서 설명된 마커 자동 검출 시스템 및 마커 자동 검출 방법은 하드웨어 구성 요소, 소프트웨어 구성 요소, 및/또는 하드웨어 구성 요소 및 소프트웨어 구성 요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예 들에서 설명된 시스템, 장치, 방법 및 구성 요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, 중앙 처리 장치(Central Processing Unit; CPU), 그래픽 프로세싱 유닛(Graphics Processing Unit; GPU), ALU(arithmetic logic

unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 주문형 집적 회로(Application Specific Integrated Circuits; ASICS), 서버, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 기타 다른 어떠한 컴퓨팅 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다.

[0065] 본 발명의 실시예에 따른 생존 정보 예측 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 상기 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0066] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0067] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0069] 100: 마커 자동 검출 시스템

110: 데이터 수신부

120: 마커검출모델 생성부

130: 제1마커검출부

140: 3D변환부

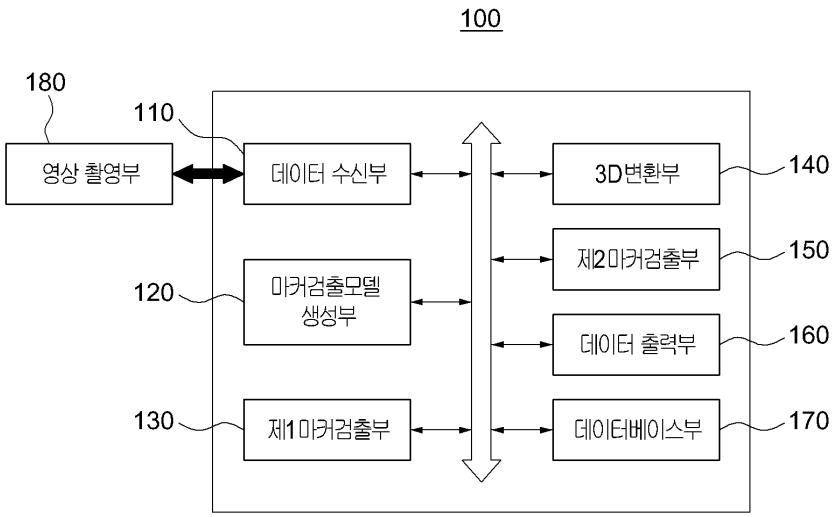
150: 제2마커검출부

160: 데이터 출력부

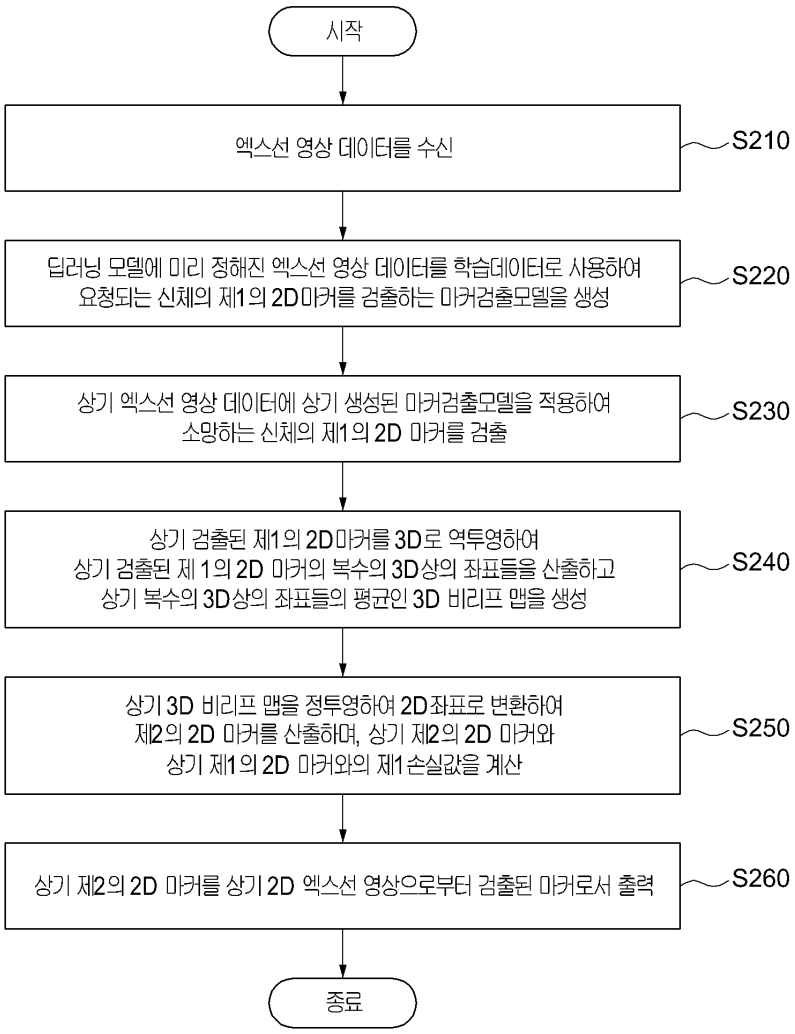
170: 데이터베이스부

도면

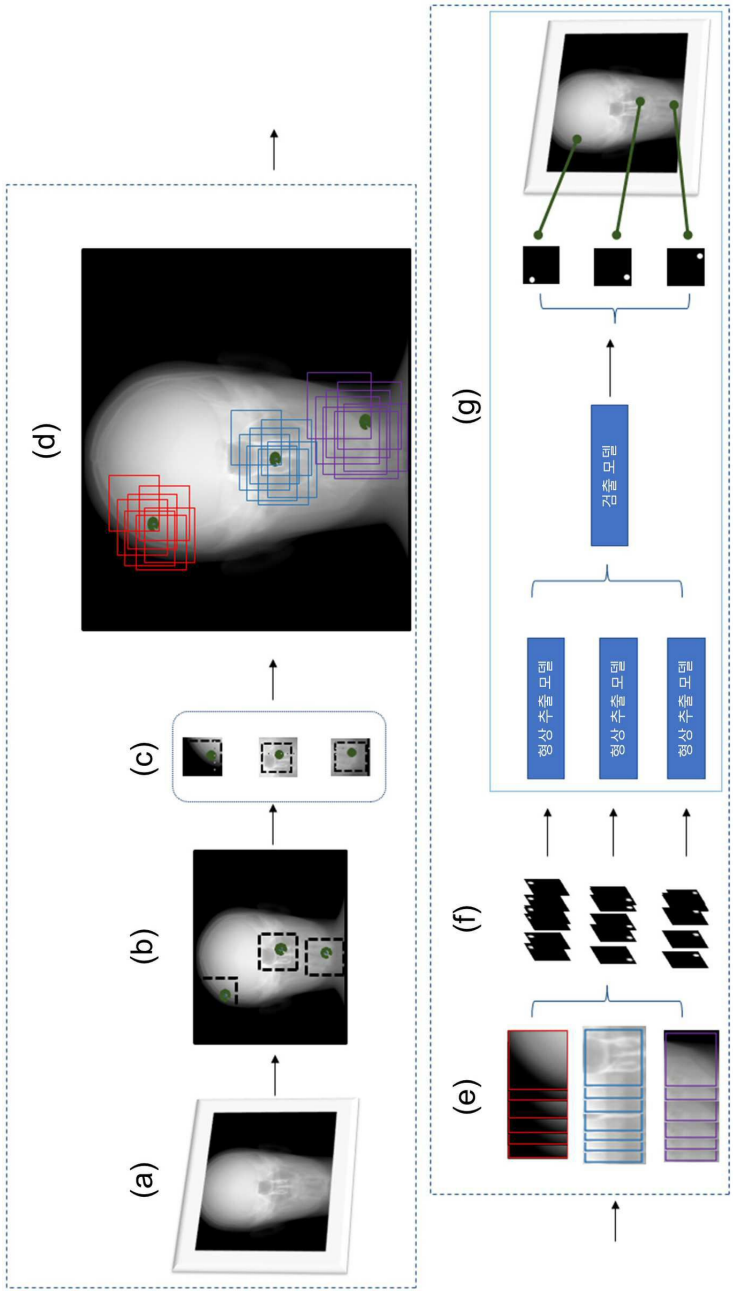
도면1


100
180
110
영상 촬영부
데이터 수신부
3D변환부
140
제2마커검출부
150
120
마커검출모델
생성부
데이터 출력부
160
130
제1마커검출부
데이터베이스부
170

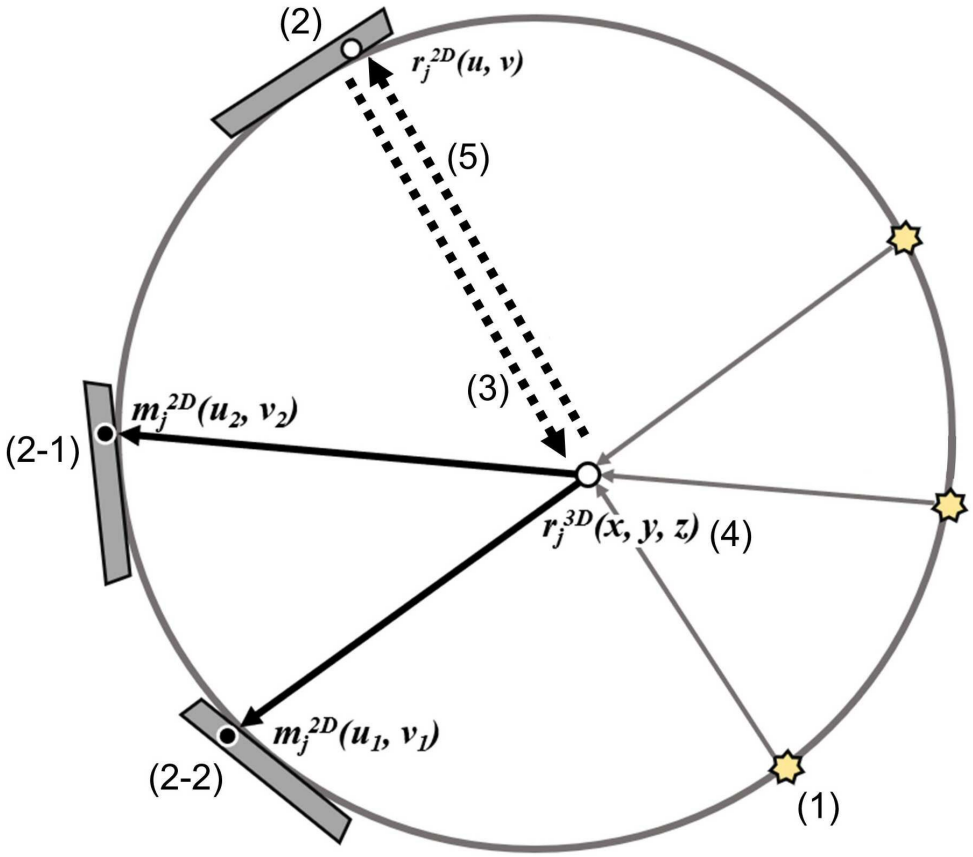
도면2


시작
엑스선 영상 데이터를 수신
S210
딥러닝 모델에 미리 정해진 엑스선 영상 데이터를 학습데이터로 사용하여 요청되는 신체의 제1의 2D마커를 검출하는 마커검출모델을 생성
S220
상기 엑스선 영상 데이터에 상기 생성된 마커검출모델을 적용하여 소망하는 신체의 제1의 2D 마커를 검출
S230
상기 검출된 제1의 2D마커를 3D로 역투영하여 상기 검출된 제 1의 2D 마커의 복수의 3D상의 좌표들을 산출하고 상기 복수의 3D상의 좌표들의 평균인 3D 비리프 맵을 생성
S240
상기 3D 비리프 맵을 정투영하여 2D좌표로 변환하여 제2의 2D 마커를 산출하며, 상기 제2의 2D 마커와 상기 제1의 2D 마커와의 제1 손실값을 계산
S250
상기 제2의 2D 마커를 상기 2D 엑스선 영상으로부터 검출된 마커로서 출력
S260
종료

도면3



도면4



- m_j^{2D} = 2D markers in all projections
- r_j^{2D} = referential 2D position
- r_j^{3D} = referential 3D mean position