



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0066074
(43) 공개일자 2021년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/5223 (2013.01)
A61B 6/032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0154562
(22) 출원일자 2019년11월27일
심사청구일자 2019년11월27일

(71) 출원인
기초과학연구원
대전광역시 유성구 엑스포로 55(도룡동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
강성호
세종특별자치시 마음로 322(고운동, 가락마을2단지)
이상휘
서울특별시 양천구 목동서로 70, 216동 1103호(목동, 목동신시가지아파트2단지)
전기완
대전광역시 유성구 엑스포로 448, 405동 204호(전민동, 엑스포아파트)
(74) 대리인
특허법인명인

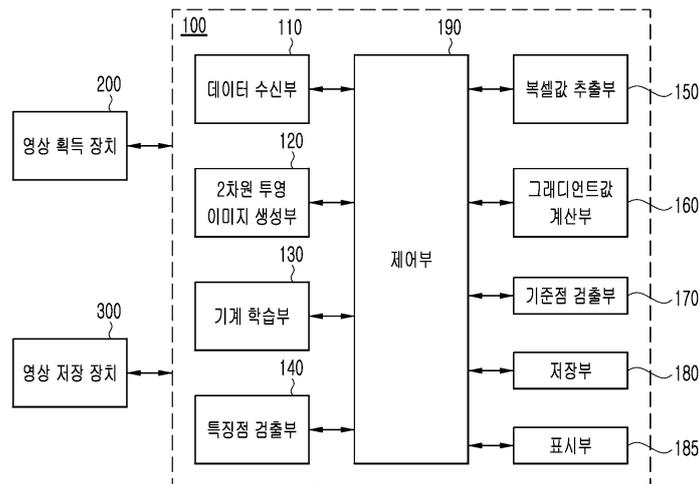
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 3차원 해부학적 기준점 검출 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 3차원 기준점 검출 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 방법은 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계, 학습된 신경망 모델을 이용하여, 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 단계, 3차원 영상 데이터에서, 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 단계, 특징점을 지나고 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대해 추출된 복셀값들의 그라디언트값들을 구하는 단계, 그리고 복셀값들과 그라디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 축 상의 위치를 기준점의 위치로 검출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- A61B 6/14* (2013.01)
- A61B 6/5217* (2020.08)
- G06T 15/08* (2013.01)
- G06T 7/0012* (2013.01)
- G16H 30/40* (2018.01)
- G16H 50/20* (2018.01)
- G06T 2207/20081* (2013.01)
- G06T 2207/20084* (2013.01)
- G06T 2207/30016* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711099803
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가수리과학연구소
연구사업명	산업수학 전략연구
연구과제명	바이오 의료영상/컴퓨팅의 수학적 모델링과 해석 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국가수리과학연구소
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링(Volume Rendering)을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계,
 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 단계,
 상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 단계,
 상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 단계, 그리고
 상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 2

제 1 항에서,
 뼈를 가시화하기 위한 전달함수(Transfer function)를 통해 상기 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 3

제 2 항에서,
 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계는,
 상기 3차원 영상 데이터에서 기준면을 기준으로 관심 영역의 반대 방향에 위치한 복셀들의 복셀값을 투명 처리가 되는 값으로 지정하는 전처리 단계, 그리고
 상기 전처리된 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계를 포함하는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 4

제 3 항에서,
 상기 기준면은 시상면(sagittal plane), 관상면(coronal plane), 수평면(horizontal plane) 또는 정중시상면(midsagittal plane)으로 정해지는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 5

제 3 항에서,
 상기 3차원 영상 데이터는,
 CT(Computed Tomography), CBCT(Cone Beam Computed Tomography), MRI(Magnetic resonance imaging), PET(Positron Emmission Tomography), 및 SPECT(Single-Photon Emmission Computed Tomography) 중 어느 하나인 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 6

제 3 항에서,
 상기 미리 정해진 조건은,
 상기 기준점의 특성에 따라 다르게 정해지는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 7

제 3 항에서,

상기 신경망 모델은,

3차원 영상 데이터에 광선 추적 볼륨 렌더링을 수행하여 획득되는 2차원 투영 이미지로 이루어진 학습 데이터를 이용한 강화 학습을 통해 특징점을 검출하도록 학습된 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 8

제 3 항에서,

상기 학습된 신경망 모델은,

2차원 투영 이미지가 생성된 뷰(View) 방향별로 특징점을 검출하도록 학습된 복수의 신경망 모델을 포함하는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 9

제 3 항에서,

상기 신경망 모델은,

이전 추정점(P_{i-1})과 특징점(P_i) 사이의 거리에서 현재 추정점(P_i)과 특징점(P_i) 사이의 거리를 뺀 값을 보상으로 사용하여 강화학습되는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 10

제 3 항에서,

상기 3차원 영상 데이터는,

환자 두부(skull)를 촬영하여 획득한 것인 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 11

제 10 항에서,

상기 2차원 투영 이미지는,

상기 환자 두부를 앞에서 바라본 뷰(Anterior View), 뒤에서 바라본 뷰(Posterior View), 위에서 바라본 뷰(Superior View), 밑에서 바라본 뷰(Inferior View), 좌측에서 바라본 뷰(Left View) 및 우측에서 바라본 뷰(Right View) 중 하나인 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 12

제 3 항에서,

상기 복셀값은 HU(Hounsfield Unit) 값인 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 13

제 12 항에서,

상기 미리 정해진 조건은,

상기 기준점이 뼈의 외측에 있는 경우,

기준점 추정 위치의 복셀값이 뼈에 해당하는 HU 값 범위 내에 있고,

상기 기준점 추정 위치의 그래디언트값과 상기 축 상에서 상기 기준점 추정 위치의 이전 또는 이후 위치의 그래디언트값의 합이 미리 정해진 기준 이상인 것으로 설정되는 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 14

3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 명령어 세트,

학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 명령어 세트,

상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 명령어 세트,

상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 명령어 세트, 그리고

상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 명령어 세트

를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

청구항 15

3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 2차원 투영 이미지 생성부,

학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 특징점 검출부,

상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 복셀값 추출부,

상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 그래디언트값 계산부, 그리고

상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 기준점 검출부

를 포함하는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 16

제 15 항에서,

상기 2차원 투영 이미지 생성부는,

뼈를 가시화하기 위한 전달함수를 통해 상기 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 17

제 16 항에서,

상기 2차원 투영 이미지 생성부는,

상기 3차원 영상 데이터에서 기준면을 기준으로 관심 영역의 반대 방향에 위치한 복셀들의 복셀값을 투명 처리가 되는 값으로 지정하는 전처리 및, 상기 전처리된 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성을 수행하는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 18

제 17 항에서,

상기 기준면은 시상면, 관상면, 수평면 또는 정중시상면으로 정해지는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 19

제 17 항에서,

상기 3차원 영상 데이터는,

CT, CBCT, MRI, PET, 및 SPECT 중 어느 하나인 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 20

제 17 항에서,
 상기 미리 정해진 조건은,
 상기 기준점의 특성에 따라 다르게 정해지는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 21

제 17 항에서,
 상기 신경망 모델은,
 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 획득되는 2차원 투영 이미지로 이루어진 학습 데이터를 이용한 강화 학습을 통해 특징점을 검출하도록 학습된 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 22

제 17 항에서,
 상기 학습된 신경망 모델은,
 2차원 투영 이미지가 생성된 뷰(View) 방향별로 특징점을 검출하도록 학습된 복수의 신경망 모델을 포함하는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 23

제 17 항에서,
 상기 신경망 모델은,
 이전 추정점(P_{i-1})과 특징점(P_i) 사이의 거리에서 현재 추정점(P_i)과 특징점(P_i) 사이의 거리를 뺀 값을 보상으로 사용하여 강화학습되는 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 24

제 17 항에서,
 상기 3차원 영상 데이터는,
 환자 두부를 촬영하여 획득한 것인 3차원 기준점 검출 방법.

청구항 25

제 24 항에서,
 상기 2차원 투영 이미지는,
 상기 환자 두부를 앞에서 바라본 뷰, 뒤에서 바라본 뷰, 위에서 바라본 뷰, 밑에서 바라본 뷰, 좌측에서 바라본 뷰 및 우측에서 바라본 뷰 중 하나인 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 26

제 17 항에서,
 상기 복셀값은 HU 값인 3차원 기준점 검출 장치.

청구항 27

제 26 항에서,
 상기 미리 정해진 조건은,

상기 기준점이 뼈의 외측에 있는 경우,

기준점 추정 위치의 복셀값이 뼈에 해당하는 HU 값 범위 내에 있고,

상기 기준점 추정 위치의 그래디언트값과 상기 축 상에서 상기 기준점 추정 위치의 이전 또는 이후 위치의 그래디언트값의 합이 미리 정해진 기준 이상인 것으로 설정되는 3차원 기준점 검출 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3차원 해부학적 기준점 검출 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 자세하게는 3차원 영상 데이터 처리의 복잡성을 극복하고 3차원 해부학적 기준점을 정확하게 검출할 수 있는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] X-ray 이미지 기반 두부 계측 분석법(Cephalometry)은 브로드벤트(Broadbent)에 의해 소개된 이후, 교정 진단 및 치료계획수립을 위해 널리 사용되고 있으며, 현재에 이르러 치과 치료에 필수 요소가 되었다. 두개악안면 구조 분석에서 전후방적 관계를 이용한 두부 계측 분석연구가 주를 이루면서 2차원 정면과 측면의 X-ray 영상을 이용한 두부 계측 분석이 주로 이루어졌다. X-ray 이미지를 이용한 두부 계측 분석은 해부학적 기준점(Landmark)을 찾는 과정이 필요하다. 기준점을 찾는 일은 고도의 숙련된 전문가가 필요하지만, 시간 집약적이면서 반복적인 작업이 대부분이다. 이를 극복하기 위하여 영상처리기반의 자동화나 반자동화 알고리즘이 제안되었다.

[0003] 최근에는 3차원 전산화 단층촬영(Computed Tomography, CT)을 이용한 두부 계측 분석으로 빠르게 변하고 있다. 전산화 단층촬영을 통한 3차원의 볼륨 영상은 복잡한 해부학적 구조물의 내부를 원하는 방향으로 관찰할 수 있다. 또한, 영상의 왜곡, 확대와 중첩 없이 중요 부위를 자세히 관찰할 수 있다. 또한, 고대조도 공간분해능(high contrast spatial resolution)을 통한 물리적 밀도차이가 작은 조직 간의 구별이 가능하게 되면서 매우 유용한 진단 자료로 이용되고 있다. 2차원 두부 계측 분석과 마찬가지로 3차원 두부 계측 분석 역시 기준점(landmark)을 찾는 것이 필수적이다.

[0004] 그러나 2차원 두부 계측 분석과 달리, 3차원 공간상에서의 기준점은 기하학적인 복잡도와 다루는 점의 개수가 증가하기 때문에, 작업의 복잡도가 높아지게 된다.

[0005] 최근의 딥러닝(Deep-Learning) 기반의 영상처리 알고리즘은 영상에서 유의미한 정보를 추출 또는 분류해 낼 수 있는 비선형 필터를 데이터 기반의 학습을 통하여 만드는 것으로 볼 수 있다. 데이터의 특징에 따라 적합한 비선형의 필터를 학습을 통해 만들기 때문에 이전의 모델 기반의 영상처리 알고리즘보다 높은 성능을 보이며, 그 영역이 의료영상분야로 확대되고 있다.

[0006] 그런데 3차원 데이터를 처리하는 딥러닝 기반 모델은 매개변수, 컴퓨팅 자원 및 계산 복잡도가 증가하는 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위하여 데이터 리샘플링을 수행하고 3차원 콘볼루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN) 모델을 이용한 두부 계측점 국부화 방법이 제안되고 있으나 3차원 상에서의 국부화의 오차가 임상에서 사용하기에는 적합하지 않은 성능을 보이고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제8,363,918호(등록일: 2013년 01월 29일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 3차원 영상 데이터에서 3차원 기준점을 검출할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 3차원 기준점 검출 방법은, 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링(Volume Rendering)을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계, 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점(Feature Point)을 검출하는 단계, 상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 단계, 상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 단계, 그리고 상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 단계를 포함한다.
- [0010] 뼈를 가시화하기 위한 전달함수(Transfer Function)를 통해 상기 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성할 수 있다.
- [0011] 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계는, 상기 3차원 영상 데이터에서 기준점을 기준으로 관심 영역의 반대 방향에 위치한 복셀들의 복셀값을 투명 처리가 되는 값으로 지정하는 전처리 단계, 그리고 상기 전처리된 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 수행하여 상기 2차원 투영 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 미리 정해진 조건은 상기 기준점의 특성에 따라 다르게 정해질 수 있다.
- [0013] 상기 미리 정해진 조건은, 상기 기준점이 뼈의 외측에 있는 경우, 기준점 추정 위치의 복셀값이 뼈에 해당하는 HU(Hounsfield Unit) 값 범위 내에 있고, 상기 기준점 추정 위치의 그래디언트값과 상기 축 상에서 상기 기준점 추정 위치의 이전 또는 이후 위치의 그래디언트값의 합이 미리 정해진 기준 이상인 것으로 설정될 수 있다.
- [0014] 상기 신경망 모델은, 3차원 영상 데이터에 광선 추적 볼륨 렌더링을 수행하여 획득되는 2차원 투영 이미지로 이루어진 학습 데이터를 이용한 강화 학습을 통해 특징점을 검출하도록 학습될 수 있다.
- [0015] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체는, 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 명령어 세트, 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 명령어 세트, 상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 명령어 세트, 상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 명령어 세트, 그리고 상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 명령어 세트를 포함한다.
- [0016] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 3차원 기준점 검출 장치는, 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성하는 2차원 투영 이미지 생성부, 학습된 신경망 모델을 이용하여, 상기 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출하는 특징점 검출부, 상기 3차원 영상 데이터에서, 상기 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 추출하는 복셀값 추출부, 상기 특징점을 지나고 상기 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향에 대한 상기 추출된 복셀값들의 그래디언트값들을 구하는 그래디언트값 계산부, 그리고 상기 복셀값들과 상기 그래디언트값들이 미리 정해진 조건을 만족하는 상기 축 상의 위치를 상기 기준점의 위치로 검출하는 기준점 검출부를 포함한다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 의하면 3차원 영상 데이터 처리의 복잡성을 극복하면서 3차원 기준점을 정확하게 검출할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 3차원 기준점 검출 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 볼륨 렌더링을 통해 생성되는 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- 도 3은 객체의 두부를 위에서 바라본 뷰 방향에서의 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- 도 4는 전처리된 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 통해 생성되는 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- 도 5는 본 발명에 의한 Nasion 포인트에 대응하는 특징점이 검출된 2차원 투영 이미지를 나타낸 것이다.

도 6은 도 5에서 검출된 Nasion 특징점에 대응하는 복셀값들을 추출하는 것을 설명하기 위한 모식도이다.

도 7은 도 6에서 추출된 복셀값들이 저장된 라인 버퍼의 복셀값 프로파일 그래프이다.

도 8은 본 발명에 따라 구해지는 복셀값 프로파일 데이터와 그래디언트값 프로파일 데이터를 함께 나타낸 것이다.

도 9는 본 발명에 따른 3차원 기준점 검출 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 기준점 검출 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0021] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 3차원 기준점 검출 시스템은 영상 획득 장치(200), 영상 저장 장치(300) 및 3차원 기준점 검출 장치(100)를 포함할 수 있다.
- [0022] 영상 획득 장치(200)는 객체에 대한 3차원(three dimension, 3D) 영상 데이터를 획득하는 장치이다. 여기서 3차원 영상 데이터는 CT(Computed Tomography), CBCT(Cone Beam Computed Tomography), MRI(Magnetic resonance imaging), PET(Positron Emission Tomography) 또는 SPECT(Single-Photon Emission Computed Tomography) 등의 타입으로 획득되는 데이터일 수 있다. 객체는 두부(Skull) 등과 같은 신체 부위일 수 있다.
- [0023] 영상 저장 장치(300)는 영상 획득 장치(200)에서 획득되었거나 외부의 의료기관 또는 연구기관을 포함한 외부 의료영상정보 제공기관으로부터 제공되는 3차원 영상 데이터를 저장할 수 있다.
- [0024] 3차원 기준점 검출 장치(100)는 영상 획득 장치(200) 또는 영상 저장 장치(300)로부터 제공되는 3차원 영상 데이터로부터 3차원 기준점(landmark point)을 검출할 수 있다.
- [0025] 이를 위해 3차원 기준점 검출 장치(100)는 데이터 수신부(110), 2차원 투영 이미지 생성부(120), 기계 학습부(130), 특징점 검출부(140), 복셀값 추출부(150), 그래디언트값 계산부(160), 기준점 검출부(170), 저장부(180), 표시부(185) 및 제어부(190)를 포함할 수 있다.
- [0026] 실시예에 따라 기계 학습부(130)는 3차원 기준점 검출 장치(100)에 포함되지 않고, 별도의 장치로 구축될 수도 있다. 3차원 기준점 검출 장치(100)는 별도의 장치에서 학습된 특징점 검출 알고리즘을 제공받아 이용할 수도 있다.
- [0027] 데이터 수신부(110)는 영상 획득 장치(200) 또는 영상 저장 장치(300)에서 3차원 영상 데이터를 수신할 수 있다.
- [0028] 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성할 수 있다.
- [0029] 볼륨 렌더링은 3차원 복셀(voxel) 데이터를 2차원 투영 이미지로 투영시켜서 보여주는 방법이다. 예컨대 광선 추적 볼륨 렌더링 방법은 투영 방향으로 가상의 광선(ray)을 생각하여 미리 설정된 복셀값에 따른 색상, 투명도를 고려하여 광선을 따라 값을 누적시키면 3차원 데이터를 2차원 화면에 가시화할 수 있다.
- [0030] 여기서 복셀값은 CT의 경우 HU 값이 사용될 수 있다. 물론 CT가 아닌 다른 모달리티(modality)의 3차원 영상 데이터이면, 해당 모달리티에 따른 신호 강도를 나타내는 값이 복셀값으로 이용될 수 있다.
- [0031] 3차원 영상 데이터에 뼈를 가시화하기 위한 전달함수를 적용하여 볼륨 렌더링을 수행하면 도 2에 예시한 것과 같은 2차원 투영 이미지를 획득할 수 있다.
- [0032] 도 2는 볼륨 렌더링을 통해 생성되는 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- [0033] 본 발명에 따른 실시예에서 2차원 투영 이미지는 두부를 앞에서 바라본 뷰(Anterior View), 뒤에서 바라본 뷰(Posterior View), 위에서 바라본 뷰(Superior View), 밑에서 바라본 뷰(Inferior View), 좌측에서 바라본 뷰(Left View) 및 우측에서 바라본 뷰(Right View) 등이 이용될 수 있다. 물론 두부가 아닌 다른 신체 부위의 기준점을 검출하고자 할 경우, 해당 신체 부위에 대한 2차원 투영 이미지일 수도 있다. 그리고 뷰 방향도 다양하게 적용할 수도 있다.

- [0034] 한편 실시예에 따라 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에 미리 정해진 전처리를 수행할 수 있다. 그리고 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 전처리된 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여, 원하는 2차원 투영 이미지를 생성할 수도 있다. 가령 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에서 일정한 기준면을 기준으로 관심 신체 영역의 반대 방향에 위치한 복셀값을 투명 처리가 되는 값으로 지정할 수 있다. 그 후 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 비관심 영역을 투명하게 처리한 후 관심 영역을 가시화하기 위한 전달 함수를 3차원 영상 데이터에 적용하여 볼륨 렌더링을 수행함으로써 원하는 신체 부위에 대한 2차원 투영 이미지를 생성할 수 있다.
- [0035] 여기서 기준면은 시상면(sagittal plane), 관상면(coronal plane), 수평면(horizontal plane) 또는 정중시상면(midsagittal plane) 등으로 정해질 수 있다. 물론 그 외 다른 기준면이 적용될 수도 있다.
- [0036] 기계 학습부(130)는 2차원 투영 이미지에서 2차원 특징점을 검출하는 신경망 모델을 지도 학습(supervised learning)이나 강화 학습(reinforcement learning)을 통해 훈련할 수 있다. 여기서 2차원 특징점은 2차원 투영 이미지에서 3차원 기준점에 대응하는 점이다.
- [0037] 이하에서 설명의 편의를 위해 2차원 특징점은 특징점으로, 3차원 기준점은 기준점으로 간단하게 지칭한다.
- [0038] 기계 학습부(130)는 전문의, 임상의 등에 의해 특징점이 라벨링(labeling)된 다수의 2차원 투영 이미지를 학습 데이터로 이용하여 신경망 모델을 훈련할 수 있다. 여기서 신경망 모델은 컨볼루션 신경망(Convolution neural network)(CNN)과 같은 기계학습 알고리즘 형태일 수 있다. 컨볼루션 신경망은 AlexNet, VGGNet, GoogLeNet, ResNet 등과 같은 심층 CNN 모델로 구현될 수 있다.
- [0039] 기계 학습부(130)에서 강화 학습을 통해 신경망 모델이 2차원 투영 이미지에서 2차원 특징점을 검출하는 방법에 대해 보다 자세히 설명한다.
- [0040] 강화학습이란 대표적으로 구글의 알파고에 적용된 기술로써 특정 상태(state)에서 최고의 보상(reward)을 받기 위해 어떠한 정책(policy)을 통한 행동(action)을 취해서 다음 상태(state)로 나아갈지를 매우 많은 경우에 대해 학습을 통해 최적의 행동을 선택할 수 있도록 학습하는 방법을 말한다.
- [0041] 구체적으로 강화 학습의 대상이 되는 컴퓨터 프로그램을 에이전트(agent)라고도 한다. 에이전트는 주어진 상태(state)에서 자신이 취할 행동(action)을 표현하는 정책(policy)을 수립한다. 에이전트가 최대의 보상을 받을 수 있는 정책을 수립하도록 학습시키는 것이 강화 학습의 목표이다.
- [0042] 본 실시예에서는 수학적 1에 예시한 것과 같이 이전 추정점(P_{i-1})과 특징점(P_i) 사이의 거리에서 현재 추정점(P_i)과 특징점(P_i) 사이의 거리를 뺀 값을 보상으로 사용하여 강화학습한 예를 나타내었다. 즉 추정점과 특징점 사이의 거리가 줄어들수록 보상이 커지는 방식으로 강화 학습을 수행할 수 있다.
- [0043] [수학적 1]
- [0044] $R = D(P_{i-1}, P_i) - D(P_i, P_i)$
- [0045] 여기서 R은 보상, $D(P_{i-1}, P_i)$ 는 이전 추정점(P_{i-1})과 특징점(P_i) 사이의 거리, $D(P_i, P_i)$ 는 현재 추정점(P_i)과 특징점(P_i) 사이의 거리이다.
- [0046] 물론 기계 학습부(130)는 여기서 예시한 것 외에 다른 학습 방법에 의해서 2차원 투영 이미지에서 특징점을 검출할 수 있도록 신경망 모델을 학습시킬 수도 있다.
- [0047] 기계 학습부(130)에서 특징점을 잘 추출할 수 있는 뷰(View) 방향으로 각각의 신경망 모델이 훈련될 수도 있다.
- [0048] 도 3은 환자 두부를 위에서 바라본 뷰 방향에서의 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- [0049] 도 3에 예시한 것과 같이 두부를 위에서 바라본 뷰(Superior View) 방향에서 브레그마 포인트(Bregma point)의 경우 가장 명확하게 보인다. 따라서 기준점이 브레그마 포인트인 경우 Superior View에서 특징점이 라벨링된 2차원 투영 이미지로 학습 데이터를 구성하여 신경망 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0050] 한편 Nasion 포인트(Nasion point)의 경우, 환자 두부를 앞에서 바라본 본 뷰(Anterior View) 방향에서 잘 인할 수 있다. 따라서 기준점이 Nasion 포인트인 경우 Anterior View에서 특징점이 라벨링된 2차원 투영 이미지로 학습 데이터를 구성하여 신경망 모델을 학습시킬 수 있다.

- [0051] 이와 같이 브레그마 포인트나 Nasion 포인트와 같이 두부의 바깥쪽에 위치한 기준점은 두부를 외부에서 바라본 뷰 방향의 2차원 투영 이미지를 이용하여 학습할 수 있다.
- [0052] 한편 턱뼈의 안쪽에 위치한 하악공 포인트(Mandibular foramen point)(F 점)의 경우 3차원 영상 데이터에 대한 전처리를 먼저 수행한 후 볼륨 렌더링을 수행하여 획득된 2차원 투영 이미지를 이용하여 신경망 모델을 학습할 수 있다.
- [0053] 도 4는 전처리 된 3차원 영상 데이터에 대한 볼륨 렌더링을 통해 생성되는 2차원 투영 이미지를 예시한 것이다.
- [0054] 도 4(a)는 우측 하악공 포인트(right F; RF)를 보기 위해 3차원 영상 데이터에서 두부의 좌측 부분의 복셀값을 공기(air)에 해당하는 '-1024'으로 지정하는 전처리를 수행하고 나서, 뼈에 해당하는 전달함수를 통해 볼륨 렌더링을 수행하여 획득한 2차원 투영 이미지를 나타낸 것이다.
- [0055] 도 4(b)는 좌측 하악공 포인트(left F; LF)를 보기 위해 3차원 영상 데이터에서 두부의 좌측 부분의 복셀값을 공기에 해당하는 '-1024'으로 지정하는 전처리를 수행한 후 뼈에 해당하는 전달함수를 통해 볼륨 렌더링을 수행하여 획득한 2차원 투영 이미지를 나타낸 것이다.
- [0056] 이와 같이 검출 대상 기준점의 위치에 따라 잘 확인할 수 있는 뷰 방향으로 생성된 2차원 투영 이미지를 이용하여 학습할 수 있다. 필요한 경우 기준면을 기준으로 관심 영역의 반대 영역에 대해서 투명 처리하고 나서 생성된 2차원 투영 이미지를 이용하여 학습할 수도 있다. 물론 여기서 설명한 방법 외에도 다양한 방법으로 3차원 영상 데이터에서 획득되는 2차원 투영 이미지에서 다양한 특징점을 획득할 수 있도록 학습할 수 있다.
- [0057] 다시 도 1을 참고하면, 특징점 검출부(140)는 학습된 신경망 모델을 이용하여, 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출할 수 있다.
- [0058] 도 5는 본 발명에 의한 Nasion 포인트에 대응하는 특징점이 검출된 2차원 투영 이미지를 나타낸 것이다.
- [0059] 도 5에 예시한 것과 같이 Anterior View 방향(즉 2차원 투영 이미지의 수직축 방향)의 2차원 투영 이미지에서 Nasion 포인트에 대응하는 특징점이 검출되면, Nasion 포인트의 2차원 좌표값(X_{Na} , Z_{Na})을 구할 수 있다. 그러나 아직까지는 Nasion 포인트의 깊이 정보, 즉 Y 축 상의 위치는 구할 수 없다.
- [0060] 도 6은 도 5에서 검출된 Nasion 특징점에 대응하는 복셀값들을 추출하는 것을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0061] 도 6을 참고하면, Nasion 특징점(X_{Na} , Z_{Na})을 지나고 도 5의 2차원 투영 이미지에 수직인 축(Y)에 위치하는 복셀들을 추출할 수 있다. 축(Y)에 위치하는 복셀들은 2차원 좌표값(X_{Na} , Z_{Na})이 동일하다.
- [0062] 복셀값 추출부(150)는 특징점 검출부(140)에서 검출된 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 3차원 영상 데이터에서 추출할 수 있다. 가령 복셀값 추출부(150)는 저장부(180)에 저장된 3차원 영상 데이터에서 축(Y)에 위치하는 복셀들을 복셀값을 추출하여 복셀 라인 버퍼(Line buffer)에 임시 저장할 수 있다. 복셀 라인 버퍼에는 Y 축 방향으로 일정 간격으로 복셀값이 나열되게 된다.
- [0063] Nasion 포인트와 같이 두부 계측 분석 등에서 주로 찾는 기준점들은 주로 뼈 외부의 점들이다. 따라서 나머지만 한 축(예컨대 위 실시예에서 Y 축)에서 뼈에 해당하는 첫 번째 위치를 알아내면 된다. 물론 기준점이 뼈 내부에 위치한 경우는 뼈에 해당하는 마지막 위치를 알아내면 된다. 기준점의 특성에 따라 나머지만 한 축에서 기준점의 위치를 검출하는 구체적 조건 등은 달라질 수 있다.
- [0064] 도 7은 도 6에서 추출된 복셀값들이 저장된 라인 버퍼의 복셀값 프로파일 그래프이다.
- [0065] 도 7에서 세로 축은 HU 값이고, 가로 축은 축(Y) 상의 복셀 위치를 나타낸다.
- [0066] 도 7에 예시한 라인 버퍼의 복셀값 프로파일은 좌측에서 우측으로 이동하면서 대략 80번째 위치에서 뼈 외부를 만나 HU 값이 급격하게 높아지고 다시 뼈 내부가 나타나는 것을 보여준다. 현재 찾고자 하는 기준점들은 주로 뼈 외부의 점들이기 때문에 2차원 좌표값이 추정된 2축(X축, Z축)이 아닌 나머지만 한 축(예컨대 Y축)의 복셀값 프로파일에서 뼈에 해당하는 첫 번째 위치를 알아내면 된다. 그러나 영상 데이터마다 특성이 다르기 때문에, 도 7에 예시한 복셀값 프로파일만으로 뼈에 해당하는 위치를 단순 추정해내기 어려울 수 있다.
- [0067] 뼈(bone)와 피부 조직(skin tissue), 피부와 공기 등의 경계면에서 복셀값의 변화량이 커진다. 따라서 정확도를 높이기 위해서 라인 버퍼에 저장된 복셀값에 그래디언트를 취하여 구해지는 그래디언트값으로 이루어지는 그래디언트 프로파일을 함께 고려할 수 있다.

- [0068] 라인 버퍼에 특정한 축 상에서 일정 간격으로 떨어져 있는 복셀들의 복셀값이 저장된다. 여기서 그래디언트 연산은 라인 버퍼 상 현재 위치와 다음 위치의 복셀값의 차이를 구하는 것일 수 있다.
- [0069] 그래디언트값 계산부(160)는 특징점이 검출된 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향(도 6에서 Y 방향)에 대한 복셀값들의 변화량에 대응하는 그래디언트값들을 계산할 수 있다. 그래디언트값 계산부(160)에서 계산된 그래디언트값들은 그래디언트 라인 버퍼에 임시 저장될 수 있다.
- [0070] 기준점 검출부(170)는 복셀값 프로파일과 그래디언트 프로파일을 이용하여 기준점을 검출할 수 있다. 기준점 검출부(170)는 복셀값 프로파일과 그래디언트값 프로파일을 이용하여 미리 정해진 조건을 만족하는 나머지 한 축 상에서의 기준점의 위치를 검출할 수 있다.
- [0071] 도 8은 본 발명에 따라 구해지는 복셀값 프로파일 데이터와 그래디언트값 프로파일 데이터를 함께 나타낸 것이다.
- [0072] 도 8을 참고하면, 그래프(Linebuf)(L)는 도 6에서 Y축의 각 위치에서 추출된 복셀값 프로파일을 나타낸다. 그리고 그래프(Gradient)(G)는 도 6에서 Y축의 각 위치에서 계산된 그래디언트값 프로파일을 나타낸다.
- [0073] 피부 조직에 해당하는 구간(A)을 살펴보면, Y축의 대략 60번째 위치부터 복셀값(HU 값)이 급격하게 증가하나, HU 값이 '0'보다 작다.
- [0074] 한편 뼈에 해당하는 구간(B)을 살펴보면 Y축의 대략 75번째 위치부터 HU 값이 급격하게 증가하고, HU 값이 '0'보다 크다.
- [0075] 따라서 뼈 외부에 해당하는 기준점 위치를 검출하는 조건으로 HU 값이 '0'보다 크고, 뼈 외부부분에서 HU 값이 급격하게 증가하면서 변화량이 커지므로 그래디언트 값이 미리 정해진 기준 이상인 Y축 상의 첫 번째 위치로 설정할 수 있다.
- [0076] 또한 잡음(noise)이나 객체 특성 등으로 인한 오검출을 방지하기 위해서, 그래디언트값 조건을 현재 위치와 이웃 위치의 그래디언트값의 합이 미리 정해진 기준 이상인 경우로 설정할 수도 있다. 예컨대 Y 축의 N번째 위치의 그래디언트값과 N+1번째 위치(또는 N-1번째 위치)의 그래디언트값의 합이 미리 정해진 기준 이상인 Y축 상의 첫 번째 위치로 설정할 수도 있다.
- [0077] 도 8에서는 HU 값이 양수이고, 현재 위치와 다음 위치의 그래디언트값의 합이 '300' 이상인 조건하에서 Y 축 77번째 위치가 기준점의 Y 축 위치로 검출된 것을 예시한 것이다.
- [0078] 다시 강조하지만 나머지 한 축에서 기준점의 위치를 검출하는 복셀값과 그래디언트값 조건은 기준점의 특성에 따라 다르게 정해질 수 있는 것으로 이해되어야 한다.
- [0079] 저장부(180)는 3차원 기준점 검출 장치(100)의 동작과 관련된 각종 데이터 및 프로그램 등을 저장할 수 있다. 저장부(180)는 앞서 설명한 나머지 한 축에 위치한 복셀들의 복셀값을 저장하는 복셀 라인 버퍼, 복셀 라인 버퍼에 저장된 복셀값들을 나머지 한 축 방향으로 그래디언트를 취해서 구해진 그래디언트값들이 임시 저장되는 그래디언트 라인 버퍼 등을 포함할 수 있다.
- [0080] 저장부(180)는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 메모리 장치로 구현될 수 있다.
- [0081] 표시부(185)는 3차원 기준점 검출 장치(100)의 동작과 관련된 각종 정보를 화면에 표시할 수 있다. 표시부(185)는 LCD 디스플레이 장치, LED 디스플레이 장치 등과 같은 디스플레이 장치로 구현될 수 있다.
- [0082] 제어부(190)는 3차원 기준점 검출 장치(100)의 전체적인 동작을 제어할 수 있다.
- [0083] 도 9는 본 발명에 따른 3차원 기준점 검출 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0084] 도 9를 참고하면, 먼저 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 환자의 두부 등과 같은 신체 부위를 촬영한 3차원 영상 데이터에 미리 정해진 전처리를 수행할 수 있다(S900). 단계(S900)는 실시예에 따라 생략될 수도 있다. 단계(S900)에서 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에서 일정한 기준면을 기준으로 관심 영역의 반대 방향에 위치한 복셀들의 복셀값을 투명 처리가 되는 값으로 지정하는 전처리를 수행할 수 있다.
- [0085] 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에 볼륨 렌더링을 수행하여 2차원 투영 이미지를 생성할 수

있다(S910). 단계(S910)에서 2차원 투영 이미지 생성부(120)는 3차원 영상 데이터에 관심 영역을 가시화하기 위한 전달함수를 적용하여 볼륨 렌더링을 수행함으로써 원하는 2차원 투영 이미지를 생성할 수 있다. 예컨대 3차원 영상 데이터에 뼈를 가시화하기 위한 전달함수를 적용하여 볼륨 렌더링을 수행하면 도 2에 예시한 것과 같은 2차원 투영 이미지를 획득할 수 있다.

[0086] 다음으로 특징점 검출부(140)는 미리 학습된 신경망 모델을 이용하여, 2차원 투영 이미지에서 기준점에 대응하는 특징점을 검출할 수 있다(S920). 단계(S920)에서 기준점의 3차원 좌표값 중에서 2차원 좌표값을 구할 수 있다. 2차원 투영 이미지가 XZ 평면에 있는 경우, 기준점의 X 좌표값과 Z 좌표값을 구할 수 있다.

[0087] 이후 복셀값 추출부(150)는 특징점 검출부(140)에서 검출된 특징점과 2차원 좌표값이 동일한 복셀들의 복셀값들을 3차원 영상 데이터에서 추출할 수 있다(S930).

[0088] 다음으로 그래디언트값 계산부(160)는 특징점이 검출된 2차원 투영 이미지에 수직인 축 방향(2차원 투영 이미지가 XZ 평면에 있는 경우 Y 축 방향)에 대한 복셀값들의 변화량에 대응하는 그래디언트값들을 계산할 수 있다(S940).

[0089] 마지막으로 기준점 검출부(170)는 단계(S930)에 구해진 복셀값들과 단계(S940)에서 구해진 그래디언트값들을 기초로 나머지 축(예컨대 기준점의 X, Z 좌표값이 정해진 경우 Y 축)에서 기준점의 위치를 검출할 수 있다(S950). 단계(S950)에서 기준점의 위치는 기준점의 특성에 따라 미리 정해진 조건을 만족하는 Y 축 상의 위치로 정해질 수 있다.

[0090] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0091] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0092] 실시 예에 따른 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. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0093] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면

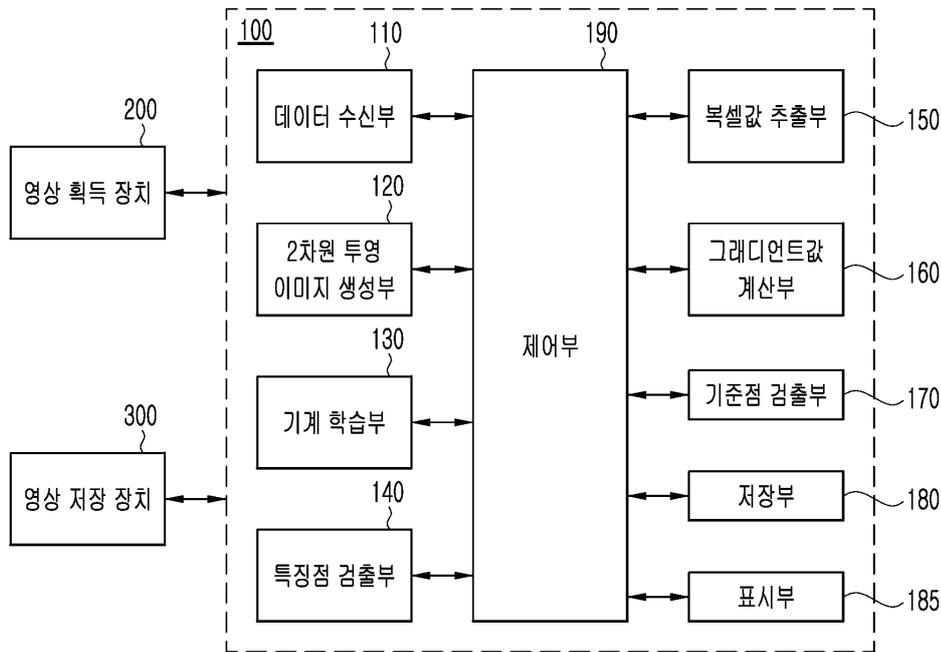
상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

부호의 설명

- [0094] 100: 3차원 기준점 검출 장치
- 110: 데이터 수신부 120: 2차원 투영 이미지 생성부
- 130: 기계 학습부 140: 특징점 검출부
- 150: 복셀값 추출부 160: 그래디언트값 계산부
- 170: 기준점 검출부 180: 저장부
- 185: 표시부 190: 제어부
- 200: 영상 획득 장치
- 300: 영상 저장 장치

도면

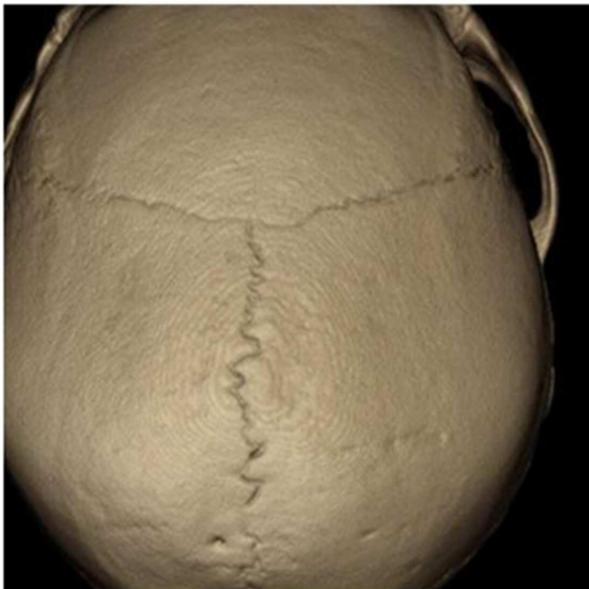
도면1



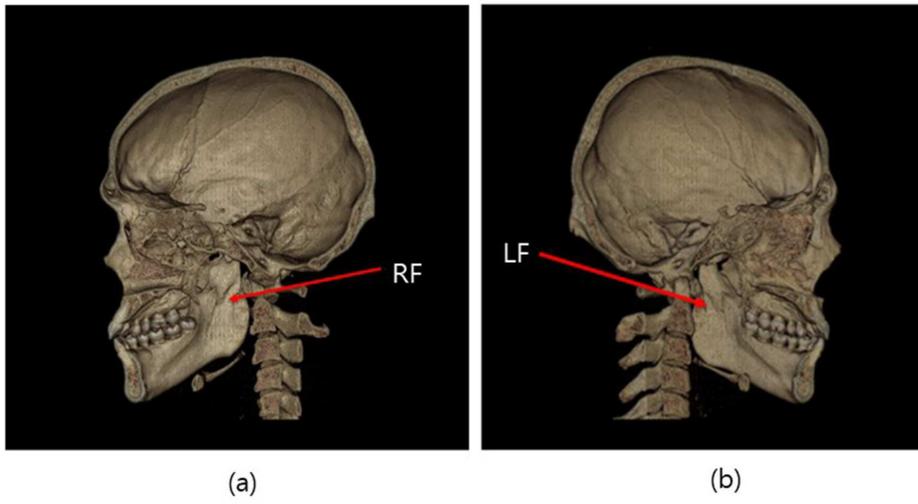
도면2



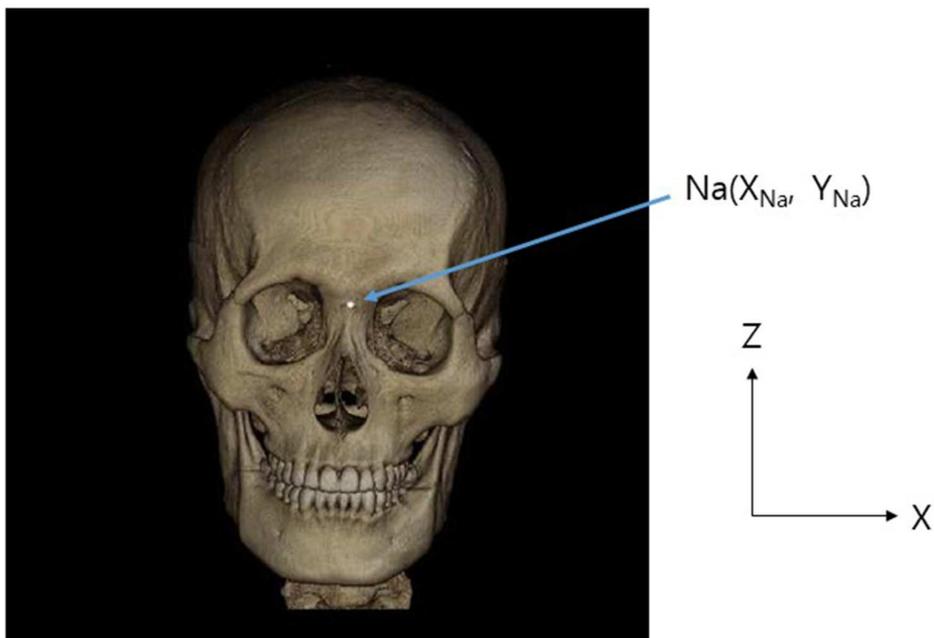
도면3



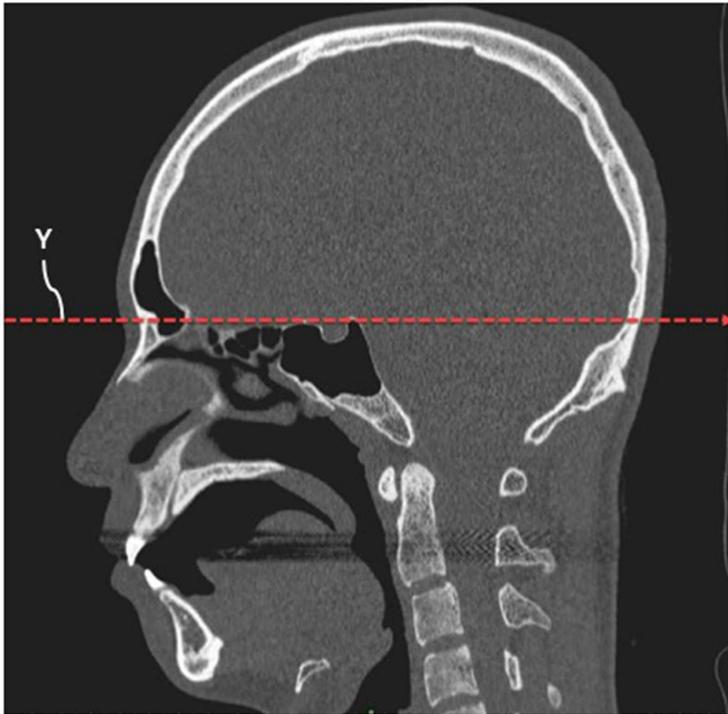
도면4



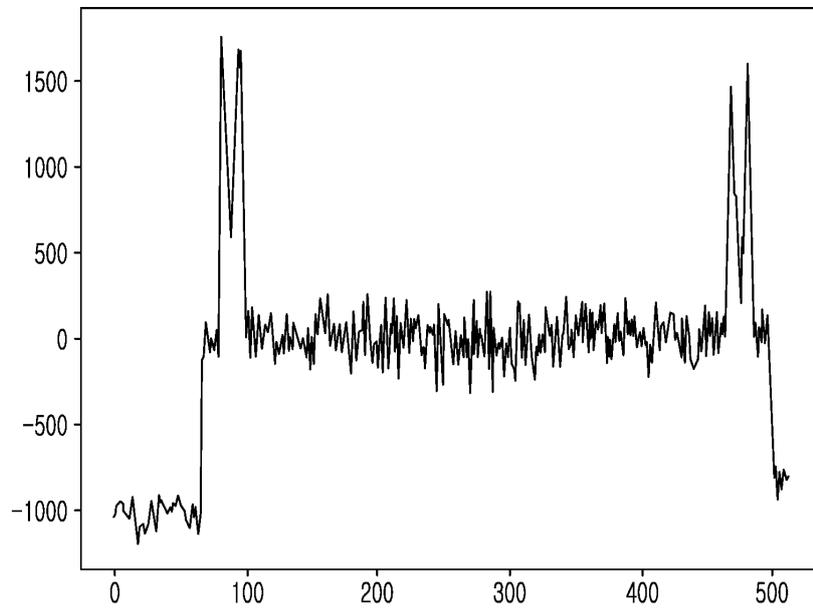
도면5



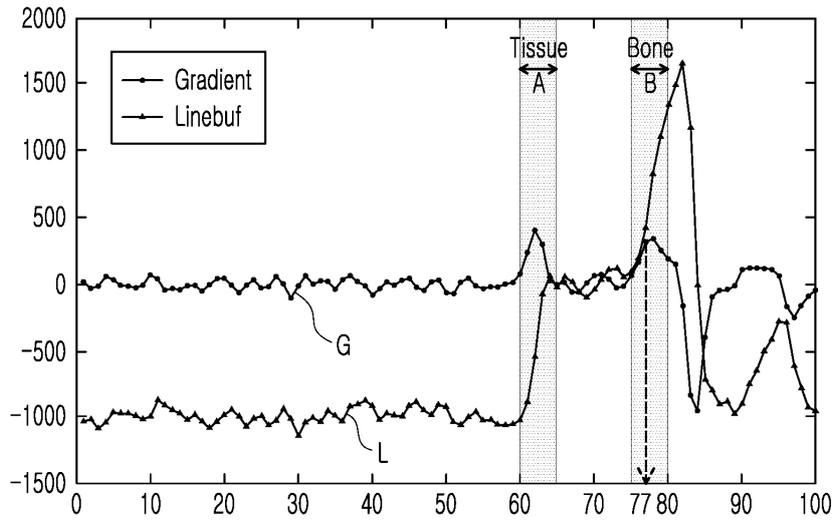
도면6



도면7



도면8



도면9

