



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년09월16일
(11) 등록번호 10-2302249
(24) 등록일자 2021년09월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 6/00 (2006.01) A61B 6/03 (2006.01)
A61B 6/14 (2006.01) G06N 3/04 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01) G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 6/5217 (2020.08)
A61B 6/032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0141886
(22) 출원일자 2019년11월07일
심사청구일자 2019년11월07일
(65) 공개번호 10-2021-0055847
(43) 공개일자 2021년05월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR101952887 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
부산대학교 산학협력단
부산광역시 금정구 부산대학로63번길 2 (장전동, 부산대학교)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
황재준
경상남도 양산시 물금읍 금오로 20 양산부산대학교병원
최성환
서울특별시 서초구 서운로9길 63, 102동 903호(서초동, 동원베네스트아파트)
김도현
서울특별시 마포구 창전로2길 10, 103동 201호(신수동, 대원칸타빌아파트)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 유현석

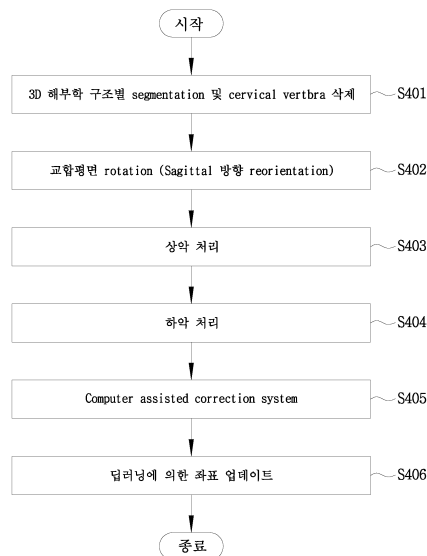
(54) 발명의 명칭 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계측을 할 수 있도록 한 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법에 관한 것으로, 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제제를 수행하는 3D 해부학 구조별 영상 처리부; 영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)으로 치

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도4



열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리부;상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리부;변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리부;윤곽선을 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리부; 및 수정된 3D 좌표들을 기준으로 CNN 네트워크 학습을 하여 좌표 업데이트를 하는 좌표 업데이트부;를 포함하는 것이다.

(52) CPC특허분류

A61B 6/14 (2013.01)
A61B 6/501 (2013.01)
G06N 3/0427 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
G06T 17/20 (2013.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 2576/026 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170128046 A
 KR101692250 B1
 US20150265374 A1
 KR1020070067491 A
 US20180061054 A1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345294472
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명	콘빔 CT에서 진단 정확성 제고를 위한 치아 인식 딥러닝 알고리즘 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	부산대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711086792
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	쓰비터 이온을 이용한 치과생체재료의 단백질 부착 및 바이오필름 생성 억제 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제를 수행하는 3D 해부학 구조별 영상 처리부;

영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)으로 치열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리부;

상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리부;

변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리부;

윤곽선을 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리부; 및 수정된 3D 좌표들을 기준으로 CNN 네트워크 학습을 하여 좌표 업데이트를 하는 좌표 업데이트부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상악 처리부는,

관상(coronal)에서 안구, 비강(nasal fossa)이 나타난 이미지를 만드는 상악 처리 이미지 결정부와,

중중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 회전 처리부와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 안와점 산출부와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 ANS(전비극) 산출부와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 코뿌리점 산출부와,

sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 포리온 산출부와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출하는 코뿌리점(Nasion) 산출부와,

두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 안장점(sella) 산출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 하악 처리부는,

하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 회전 처리부와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부와,

Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 Sagittal MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부를

포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 좌표 업데이트부는,

수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정된 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하여 업데이트 하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치.

청구항 5

3D 해부학 구조별 영상 처리부에서 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제를 하는 3D 해부학 구조별 영상 처리를 하는 단계;

교합평면 회전처리부에서 영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)으로 치열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리를 하는 단계;

상악 처리부에서 상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리를 하는 단계;

하악 처리부에서 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리를 하는 단계;

보정 처리부에서 윤곽선을 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리를 하는 단계; 및 좌표 업데이트부에서 수정된 3D 좌표들을 기준으로 CNN 네트워크 학습을 하여 좌표 업데이트를 하는 좌표 업데이트를 하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 3D 해부학 구조별 영상 처리부에서 수행되는 3D 해부학 구조별 영상 처리 단계에서,

상악, 하악, 치아, 경추골(cervical vertebra)을 3D cnn으로 분할(segmentation)하고, 전체 3D 이미지에서 연조직과 경추골(cervical vertebra)을 삭제하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 교합평면 회전처리부에서 수행되는 교합평면 회전처리 단계에서,

Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교합평면 중심의 높이 구하고, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 치아로 이루어진 교합평면이 바닥에 평행하게 sagittal 방향 rotation(교합평면의 중심을 기준)하여 치열이 바닥에 평행하도록 하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 교합평면 회전처리부에서 수행되는 교합평면 회전처리 단계에서,

기준평면을 잡기 위하여 정면과 위에서 사람을 내려다보았을 때, 두 안와의 중점이 평행하게 있도록 재조정(reorientation)되어야 하고, 옆에서 사람을 보았을 때, 포리온(Porion)과 안와점(Orbitale)이 바닥과 수평이 되도록 하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서, 상악 처리부에서 수행되는 상악 처리 단계는,

상악 처리 이미지 결정부에서 관상(coronal)에서 안구, 비강(nasal fossa)이 나타난 이미지를 만드는 상악 처리 이미지 결정 단계와,

회전 처리부에서 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는

회전 처리 단계와,

안와점 산출부에서 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 안와점 산출 단계와,

ANS(전비극) 산출부에서 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 ANS(전비극) 산출 단계와,

코뿌리점 산출부에서 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 코뿌리점 산출 단계와,

포리온 산출부에서 sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 포리온 산출 단계와,

코뿌리점(Nasion) 산출부에서 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중상부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출하는 코뿌리점(Nasion) 산출 단계와,

안장점(sella) 산출부에서 두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 안장점(sella) 산출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상악 처리 이미지 결정 단계에서,

치열의 후방으로부터 경계를 앞쪽으로 전진하면서, 앞쪽 끝부터 경계까지 관상(coronal) MIP(최대강도투사)를 만들면서 내부 구멍을 구하고, 구멍의 개수가 3개가 되는 곳 중, 구멍 넓이의 합이 가장 큰 단면에서 멈추는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 깊이가 있는 연속된 hole인 안와, 대구개공(Foramen magnum), 포리온(Porion)을 포함하는 구멍의 중심을 한점의 위치로 정하기 위하여,

구멍의 외부로부터 두께를 증가시키면서 MIP(최대강도투사) 시켜 나갔을 때 가장 큰 구멍 넓이가 나오는 곳을 해당 구멍의 위치로 잡거나,

빠로 둘러쌓여 closing된 구멍의 형태가 된 후, 가장 큰 너비가 나오는 단면을 선택하거나,

특정 구조물의 sagittal 단면으로 정하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 회전 처리 단계에서,

정중시상면(midsagittal plane)은 관상(coronal) MIP(최대강도투사)에서 양쪽 안구의 중심의 수직이등분선이고, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥에 수직이 되게 전체 3D 이미지를 관상(coronal) 방향으로 회전하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서, 포리온 산출 단계에서,

과두(Condyle) 후방에서 1.5cm 내외, condylion 높이에서 라뮤시안(ramusian) 높이까지 영역중 가장 큰 구멍을 구하여 구멍 중심의 좌표를 구하고, 구멍의 x좌표는 과두(Condyle) 외측으로 정하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서, 안장점(sella) 산출 단계에서,

안장점(sella turcica) 영역을 분할(segmentation) 후 CBCT에서 3차원으로 딥러닝해서 그 중심좌표를 구하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 15

제 5 항에 있어서, 하악 처리부에서 수행되는 하악 처리 단계는,

회전 처리부에서 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계와,

관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부에서 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계와,

Sagittal MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부에서 Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계는,

computed modified AMP으로, 첫 기준은 이궁, 혹은 axial에서 내려다 본 악궁(치열)의 knee point 양쪽에 모두 있는 대칭된 구조면 사용이 가능하고,

회전시마다, 회전 후 sagittal MIP(최대강도투사)에서 B point를 구해 특정 각도 하후방으로 턱끝성형(genioplasty) 후 similarity index 비교를 하고, 하악의 정준선 바닥에 수직으로 회전을 하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계는,

이진화된 하악 반구 → 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 과정으로, 이진화된 이미지의 가장 높은 점을 이용해 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정(Condylion)과, 교합평면에서 턱끝까지 바깥 윤곽선의 knee point를 이용해 z 및 x 좌표 구하고, x좌표 주변의 sagittal 방향 MIP(최대강도투사) 이미지에서 후방 윤곽선의 knee point를 이용해 y, z 좌표 구하고, 관상(coronal) MIP(최대강도투사) 이미지에서 해당 z좌표에 해당하는 x좌표 구해서 업데이트하는 과정(Gonion)과,

교합평면 상방(ramus)만 남기고, ramus의 중심선에서 앞쪽만 남긴 후, 가장 높은 점의 z 및 x좌표 구하는 과정(coronoid process 끝)과,

sagittal MIP(최대강도투사)에서 coronoid process의 끝과 condylion을 있는 선분을 그린 후 내부의 구멍의 가장 아래점의 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

청구항 18

제 5 항에 있어서, 좌표 업데이트부에서 수행되는 좌표 업데이트 단계는,

수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정된 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하여 업데이트 하는 것을 특징으로 하는 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 세팔로메트리(Cephalometry)에 관한 것으로, 구체적으로 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계

[0001]

측을 할 수 있도록 한 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 의료 분야에서는 진료 목적을 위하여 CT 등의 X선 촬영 영상을 사용하게 된다. 이는 피사체에 투과성이 높은 X선 등의 방사선을 조사하면, 피사체의 물리적 성질과 거리에 따라 X선의 세기가 감소되는 특성을 이용하여 조사된 방사선을 수광하는 이미지 센서에서 피사체의 투영(Projection)을 영상을 획득함으로써 얻어진다.
- [0003] 특히 치과의 경우 진단을 위하여 전체 턱 및 머리 특히 환자의 악궁에 대한 엑스레이 영상을 생성하여 활용한다.
- [0004] 그런데, X선 촬영 영상은 인체 내부 조직에 대한 영상으로서 전문가가 아닌 일반인에게는 익숙하지 아니하며, 전문 인력의 경우에도 진료에 필요한 정보를 획득하기 위하여 별도의 과정을 거쳐야 한다.
- [0005] 특히, 치과나 성형외과 분야 등에서는 진료 기타 목적으로 구강 내부 구조를 다양한 방향에서 재구성한 이미지가 계속적으로 활용되는데, 이때 영상처리 과정에서 별도의 인력이 필요하고 계속적인 작업이 요구되어 경제적 시간적으로 상당한 부담이 발생하게 된다.
- [0006] 따라서, 보다 효율적으로 영상으로부터 원하는 정보를 획득하도록 하는 방안이 요구되고 있다.
- [0007] 한편, 치과에서 환자의 턱 및 머리 영역을 촬영하기 위하여 사용되는 치과용 콘빔시티(CBCT: cone beam computered tomography)의 경우, 시티 영상을 촬영한 후 축상면(axial) 이미지 상에서 악궁의 적당한 위치에 수동으로 점을 찍은 후 재구성된 파노라마 및 단면 이미지를 얻도록 함이 종래 보편적으로 활용되었는데, 이 과정에서 방사선사 내지 위생사와 같은 전문 인력이 투입되고 작업자의 숙련도에 따라 오차 발생의 여지가 있으며 진단 및 치료가 지연된다는 점에서 보다 빠르고 정확하게 표준화된 재구성 이미지를 획득할 수 있도록 하는 방안이 요구된다.
- [0008] 따라서, 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계측을 해주는 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1822908호
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2019-0049733호
(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1836817호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 종래 기술의 두부계측(Cephalometry) 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계측을 할 수 있도록 한 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 본 발명은 상악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하여 기준 평면(교합평면, 상악: mid-sagittal plane)을 따라 3차원 악골이 재조정(reorientation)되고, 하악의 경우 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(computed modified AMP:cmAMP)을 기준으로 중앙부위의 교정점들이 위치하도록 하여 비대칭 환자, 상 하악골의 관계가 틀어진 비정상인 환자도 분석할 수 있도록 한 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0012] 본 발명은 상악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고 좌표가 불분명한 경우, 각각의 기준 plane을 근거로 위치를 정하여 데이터 연산량을 줄일 수 있도록 한 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0013] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의

기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치는 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제를 수행하는 3D 해부학 구조별 영상 처리부; 영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)으로 치열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리부; 상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리부; 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리부; 윤곽선을 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리부; 및 수정된 3D 좌표들을 기준으로 CNN 네트워크 학습을 하여 좌표 업데이트를 하는 좌표 업데이트부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 여기서, 상악 처리부는, 관상(coronal)에서 안구, 비강(nasal fossa)이 나타난 이미지를 만드는 상악 처리 이미지 결정부와, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 회전 처리부와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 안와점 산출부와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 ANS(전비극) 산출부와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 코뿌리점 산출부와, sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 포리온 산출부와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출하는 코뿌리점(Nasion) 산출부와, 두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 안장점(sella) 산출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 그리고 하악 처리부는, 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 회전 처리부와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부와, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 Sagittal MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 그리고 좌표 업데이트부는, 수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정한 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하여 업데이트 하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법은 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제를 수행하는 3D 해부학 구조별 영상 처리 단계; 영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)으로 치열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리 단계; 상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리 단계; 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리 단계; 윤곽선을 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리 단계; 및 수정된 3D 좌표들을 기준으로 CNN 네트워크 학습을 하여 좌표 업데이트를 하는 좌표 업데이트 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 여기서, 3D 해부학 구조별 영상 처리 단계에서, 상악, 하악, 치아, 경추골(cervical vertebra)을 3D cnn으로 분할(segmentation)하고, 전체 3D 이미지에서 연조직과 경추골(cervical vertebra)을 삭제하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 그리고 교합평면 회전처리 단계에서, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교합평면 중심의 높이 구하고, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 치아로 이루어진 교합평면이 바닥에 평행하게 sagittal 방향 rotation(교합평면의 중심을 기준)하여 치열이 바닥에 평행하도록 하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 그리고 교합평면 회전처리 단계에서, 기준평면을 잡기 위하여 정면과 위에서 사람을 내려다보았을 때, 두 안와

의 중점이 평행하게 있도록 재조정(reorientation)되어야 하고, 옆에서 사람을 보았을 때, 포리온(Porion)과 안와점(Orbitale)이 바닥과 수평이 되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 그리고 상악 처리 단계는, 관상(coronal)에서 안구, 비강(Nasal fossa)이 나타난 이미지를 만드는 상악 처리 이미지 결정 단계와, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 회전 처리 단계와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 안와점 산출 단계와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 ANS(전비극) 산출 단계와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 코뿌리점 산출 단계와, sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 포리온 산출 단계와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출하는 코뿌리점(Nasion) 산출 단계와, 두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(Segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 안장점(sella) 산출 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 그리고 상악 처리 이미지 결정 단계에서, 치열의 후방으로부터 경계를 앞쪽으로 전진하면서, 앞쪽 끝부터 경계까지 관상(coronal) MIP(최대강도투사)를 만들면서 내부 구멍을 구하고, 구멍의 개수가 3개가 되는 곳 중, 구멍 넓이의 합이 가장 큰 단면에서 멈추는 것을 특징으로 한다.

[0024] 그리고 깊이가 있는 연속된 hole인 안와, 대구개공(Foramen magnum), 포리온(Porion)을 포함하는 구멍의 중심을 한점의 위치로 정하기 위하여, 구멍의 외부로부터 두께를 증가시키면서 MIP(최대강도투사) 시켜 나갔을 때 가장 큰 구멍 넓이가 나오는 곳을 해당 구멍의 위치로 잡거나, 빠르게 둘러쌓여 closing된 구멍의 형태가 된 후, 가장 큰 너비가 나오는 단면을 선택하거나, 특정 구조물의 sagittal 단면으로 정하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고 회전 처리 단계에서, 정중시상면(midsagittal plane)은 관상(coronal) MIP(최대강도투사)에서 양쪽 안구의 중심의 수직이등분선이고, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥에 수직이 되게 전체 3D 이미지를 관상(coronal) 방향으로 회전하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 그리고 포리온 산출 단계에서, 과두(Condyle) 후방에서 1.5cm 내외, condylion 높이에서 라뮤시안(ramusian) 높이까지 영역중 가장 큰 구멍을 구하여 구멍 중심의 좌표를 구하고, 구멍의 x좌표는 과두(Condyle) 외측으로 정하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 그리고 안장점(sella) 산출 단계에서, 안장점(sella turcica) 영역을 분할(segmentation) 후 CBCT에서 3차원으로 딥러닝해서 그 중심좌표를 구하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 그리고 하악 처리 단계는, 하악 정중선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계와, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 그리고 하악 정중선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계는, computed modified ANP으로, 첫 기준은 이공, 혹은 axial에서 내려다 본 악궁(치열)의 knee point 양쪽에 모두 있는 대칭된 구조면 사용이 가능하고, 회전시마다, 회전 후 sagittal MIP(최대강도투사)에서 B point를 구해 특정 각도 하후방으로 턱끝성형(genioplasty) 후 similarity index 비교를 하고, 하악의 정중선 바닥에 수직으로 회전을 하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 그리고 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계는, 이진화된 하악 반구 → 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 과정으로, 이진화된 이미지의 가장 높은 점을 이용해 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정(Condylion)과, 교합평면에서 턱끝까지 바깥 윤곽선의 knee point를 이용해 z 및 x 좌표 구하고, x좌표 주변의 sagittal 방향 MIP(최대강도투사) 이미지에서 후방 윤곽선의 knee point를 이용해 y, z 좌표 구하고, 관상(coronal) MIP(최대강도투사) 이미지에서 해당 z좌표에 해당하는 x좌표 구해서 업데이트하는 과정(Gonion)과, 교합평면 상방(ramus)만 남기고, ramus의 중심선에서 앞쪽만 남긴 후, 가장 높은 점의 z 및 x좌표 구하는 과정(coronoid process 끝)과, sagittal MIP(최대강도투사)에서 coronoid process의 끝과 condylion을 있는 선분을 그린 후 내부의 구멍의 가장 아래점의 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 좌표 업데이트 단계는, 수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정된 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하여 업데이트 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0032] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0033] 첫째, 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계측을 할 수 있도록 한다.

[0034] 둘째, 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하여 기준 평면(교합평면, 상악: mid-sagittal plane)을 따라 3차원 악골이 재조정(reorientation)되고, 하악의 경우 computed modified ANP를 기준으로 중앙부위의 교정점들이 위치하도록 하여 효율적인 3차원 두부계측이 가능하도록 한다.

[0035] 셋째, 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고 좌표가 불분명한 경우, 각각의 기준 plane을 근거로 위치를 정하여 데이터 연산량 및 연산 시간을 단축하여 차원 두부계측이 가능하도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 구성도

도 2는 상악 처리부의 상세 구성도

도 3은 하악 처리부의 상세 구성도

도 4는 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법을 나타낸 플로우차트

도 5는 본 발명에 따른 상악 처리 상세 과정을 나타낸 플로우차트

도 6은 본 발명에 따른 하악 처리 상세 과정을 나타낸 플로우차트

도 7은 3D CNN에 의해 분할(segmentation)된 3차원 구조도

도 8a는 치열의 중심을 기준으로 바닥과 평행하게 회전된 3차원 악골 구성도

도 8b는 기준 평면을 잡기 위한 다른 방향에서의 재조정(reorientation) 상태를 나타낸 구성도

도 9는 관상(coronal) MIP(최대강도투사) 구성도

도 10은 관상(coronal) MIP(최대강도투사)에서 양쪽 안구의 중심의 수직이등분선이 바닥과 평행하고 FOV의 중심에 오도록 회전 및 평행이동을 한 구성도

도 11은 Rt. 안와점(Orbitale) 좌표 구하기를 나타낸 구성도

도 12는 ANS(전비극) 구하기를 나타낸 구성도

도 13은 포리온(Porion) 구하기를 나타낸 구성도

도 14는 코뿌리점(Nasion) 구하기를 나타낸 구성도

도 15는 안장점(sella) 구하기를 나타낸 구성도

도 16은 하악처리를 위하여 하악의 정중선이 바닥에 수직으로 회전하는 것을 나타낸 구성도

도 17은 Condylion 좌표 구하기를 나타낸 구성도

도 18은 Gonion 좌표 구하기를 나타낸 구성도

도 19는 Sagittal MIP(최대강도투사)에서 구해진 교정점 좌표를 나타낸 구성도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에

관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

- [0038] 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서 의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0039] 도 1은 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 구성도이다.
- [0040] 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법은 3차원에서 자동으로 정확하게 3차원 두부계측을 할 수 있도록 한 것으로 다음과 같은 특징을 포함한다.
- [0041] 본 발명은 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하는 구성을 포함한다.
- [0042] 본 발명은 상악은 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 상악을 회전, 하악은 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 plane을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 하악을 회전하는 구성을 포함한다.
- [0043] 본 발명은 기준 plane이 설정되어야 찍을 수 있는 점들은 기준 plane을 잡은 후 2D cephalometry 정의에 따라 찍고, 기준 plane이 필요없는 점들은 (예: 뺨쪽한 점) 정의대로 찍는 구성을 포함한다.
- [0044] 본 발명은 기준 plane 내에 위치해야 2D와 의미상 연결이 쉬운 점들(2D cephalometry에서 윤곽선 상에 위치)은 '기준 plane 상'에 위치하도록 찍는 구성을 포함한다.
- [0045] 이와 같이 본 발명은 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하는데, 이와 같이 하악 기준평면을 따로 잡게되면, 비대칭 환자, 상하악골의 관계가 틀어진 비정상인 환자도 분석할 수 있다.
- [0046] 이는 MSP(mid-sagittal plane 등) 상악 기준평면만으로는 비뚤어진 하악을 분석할 수 없는 문제를 해결할 수 있도록 한다.
- [0047] 본 발명은 특정 방향, 특정 두께의 MIP(최대강도투사)이미지(2D)에서 딥러닝을 시행해 3차원 딥러닝을 회피함으로써 연산을 줄일 수 있도록 한다.
- [0048] 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치는 도 1에서와 같이, 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제를 수행하는 3D 해부학 구조별 영상 처리부(10)와, 영상 처리를 위하여 교합평면 회전(rotation)(Sagittal 방향 reorientation)으로 치열이 바닥에 평행하도록 하는 교합평면 회전처리부(20)와, 상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 상악을 회전하는 상악 처리부(30)와, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리부(40)와, Gonion 등에서 knee point가 잘못되었을 경우, 윤곽선 smoothing의 정도를 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리부(50)와, 수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정된 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하는 좌표 업데이트부(60)를 포함한다.
- [0049] 여기서, 상악 처리부(30)의 상세 구성은 다음과 같다.
- [0050] 도 2는 상악 처리부의 상세 구성도이다.
- [0051] 상악 처리부(30)는 관상(coronal)에서 안구, 비강(Nasal fossa)이 나타난 이미지를 만드는 상악 처리 이미지 결정부(31)와, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 회전 처리부(32)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 안와점 산출부(33)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 ANS(전비극) 산출부(34)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x, z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 코뿌리점 산출부(35)와, sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 포리온 산출부(36)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출하는 코뿌리점(Nasion) 산출부(37)와, 두 안구의 평균

상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비 (예 8mm) 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 안장점(sella) 산출부(38)를 포함한다.

[0052] 그리고 하악 처리부(40)의 상세 구성은 다음과 같다.

[0053] 도 3은 하악 처리부의 상세 구성도이다.

[0054] 하악 처리부(40)는 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 회전 처리부(41)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부(42)와, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 Sagittal MIP(최대강도투사) 교정점 좌표 산출부(43)를 포함한다.

[0055] 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0056] 도 4는 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법을 나타낸 플로우차트이다.

[0057] 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 방법은 크게 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제 단계(S401)와, 교합평면 rotation(Sagittal 방향 reorientation) 단계(S402)와, 상하악의 기준 평면을 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고, 기준점을 이용해 악골의 기준 plane(Midsagittal plane-MSP)을 설정하고, MSP가 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 상악을 회전하는 상악처리 단계(S403)와, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)을 이용해 기준 평면을 설정하고, 변형 컴퓨터 절대 하악 평면(cmAMP)이 정위치(바닥에 평행, 바닥에 수직)에 놓이도록 하악을 회전하는 하악 처리 단계(S404)와, Gonion 등에서 knee point가 잘못되었을 경우, 윤곽선 smoothing의 정도를 재조정하여 정확한 점의 좌표를 계산해 주는 방식으로 수정을 하는 보정 처리(Computer assisted correction system) 단계(S405)와, 수정된 3D 좌표들을 기준으로, 2차원 MIP(최대강도투사)에서 2차원 regression CNN 네트워크로 구할 수 있는 점들을 바탕으로 영역을 한정된 후, 3차원 regression CNN 네트워크로 학습하여 좌표들을 정밀화하는 딥러닝에 의한 좌표 업데이트 단계(S406)를 포함한다.

[0058] 여기서, 3D 해부학 구조별 분할(segmentation) 및 경추골(cervical vertebra) 삭제 단계(S401)에서는 도 7에서와 같이, 상악(청), 하악(적), 치아(백), 경추골(cervical vertebra)(녹)을 3D cnn으로 분할(segmentation)하고, 전체 3D 이미지에서 연조직과 경추골(cervical vertebra)을 삭제하는 것이다.

[0059] 도 7은 3D CNN에 의해 분할(segmentation)된 3차원 구조도를 나타낸 것으로, (A)는 3D CNN에 의해 분할(segmentation)된 3차원 악골, 치아 및 경추골(cervical vertebra)을 나타낸 것이고, (B)는 연조직과 경추골(cervical vertebra)이 제거된 악골을 나타낸 것이다.

[0060] 그리고 교합평면 rotation(Sagittal 방향 reorientation) 단계(S402)는 도 8a에서와 같이, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교합평면 중심의 높이 구하고, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 치아로 이루어진 교합평면이 바닥에 평행하게 sagittal 방향 rotation(교합평면의 중심을 기준)하는 것이다. 치열이 바닥에 평행하면 이후의 영상처리가 수월해진다.

[0061] 도 8a는 (A)치열의 중심을 기준으로 바닥과 평행하게 회전된 (B)3차원 악골 구성을 나타낸 것이다.

[0062] 그리고 도 8b는 기준 평면을 잡기 위한 다른 방향에서의 재조정(reorientation) 상태를 나타낸 구성도이다.

[0063] 기준평면을 잡을 때, 1)정면과 위에서 사람을 내려다보았을 때, 두 안와의 중심이 평행하게 있도록 재조정(reorientation)되어야 하고, 2)옆에서 사람을 보았을 때, 포리온(Porion)과 안와점(Orbitale)이 바닥과 수평이 되어야 한다.

[0064] 그리고 상악처리 단계(S403)를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0065] 도 5는 본 발명에 따른 상악 처리 상세 과정을 나타낸 플로우차트이다.

[0066] 상악처리 단계(S403)는 관상(coronal)에서 안구, 비강(Nasal fossa)이 나타난 이미지를 결정하는 단계(S501)와, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 단계(S502)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S503)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서

z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S504)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S505)와, sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 단계(S506)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출을 하는 단계(S507)와, 두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비(예 8mm) 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 단계(S508)를 포함한다.

- [0067] 여기서, 상악치리를 위한 관상(coronal)에서 안구, 비강(nasal fossa)이 나타난 이미지를 결정하는 단계(S501)는, 치열의 후방으로부터 경계를 앞쪽으로 전진하면서, 앞쪽 끝부터 경계까지 관상(coronal) MIP(최대강도투사)를 만들면서 내부 구멍을 구하고, 구멍의 개수가 3개가 되는 곳 중, 구멍 넓이의 합이 가장 큰 단면에서 멈추는 것이다.
- [0068] 도 9는 관상(coronal) MIP(최대강도투사) 구성도이다.
- [0069] 도 9에서, (A)는 전방부에서 치열 후방까지의 관상(coronal) MIP(최대강도투사), (B)는 전방부에서 치열 중간까지의 관상(coronal) MIP(최대강도투사), (C)는 전방부에서 구멍 넓이가 최대가 되는 관상(coronal) MIP(최대강도투사), (D)는 너무 전방부로 좁게 MIP(최대강도투사) 되어 안구가 구멍으로 추출될 수 없는 상황을 나타낸 것이다.
- [0070] 구멍(안와, 대구개공(Foramen magnum), 포리온(Porion))의 경우 깊이가 있는 연속된 hole이기 때문에, 구멍의 중심을 잡을 때 어디를 이 구멍을 대표하는 한점의 위치로 잡을 것인지 결정하는 것은 어렵다.
- [0071] 본 발명에서는 1)구멍의 외부로부터 두께를 증가시키면서 MIP(최대강도투사) 시켜 나갔을 때 가장 큰 구멍 넓이가 나오는 곳을 해당 구멍의 위치로 잡거나,
- [0072] 2)빠로 둘러쌓여 closing된 구멍의 형태가 된 후, 가장 큰 너비가 나오는 단면을 선택하거나,
- [0073] 3)혹은 포리온(Porion) 같은 경우 특정 구조물(과두(Condyle)의 중심)의 sagittal 단면으로도 잡을 수 있다.
- [0074] 상악치리를 위한 mid sagittal plane이 바닥과 수직이 되게 회전(Coronal 방향 reorientation)하는 단계(S502)에서, 정중시상면(midsagittal plane)은 관상(coronal) MIP(최대강도투사)에서 양쪽 안구의 중심의 수직이등분선이고, 정중시상면(midsagittal plane)이 바닥에 수직이 되게 전체 3D 이미지를 관상(coronal) 방향으로 회전하는 것이다.
- [0075] 도 10은 관상(coronal) MIP(최대강도투사)에서 양쪽 안구의 중심의 수직이등분선이 바닥과 평행하고 FOV의 중심에 오도록 회전 및 평행이동을 한 구성도이다.
- [0076] 상악치리를 위한 안와점(Orbitale) 구하기는 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구의 최저점으로 x, z좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S503)에 의해 이루어지는 것으로 도 11에서와 같다.
- [0077] 도 11은 Rt. 안와점(Orbitale) 좌표 구하기를 나타낸 것으로, (A)는 S501 단계에서 얻어진 관상(coronal) MIP(최대강도투사), (B)는 왼쪽 상단 구멍의 최하점의 높이와 x좌표를 구하고, (C)는 해당 x좌표에 해당하는 sagittal view에서 해당 높이에 해당하는 y좌표를 구하는 것을 나타낸 것이다.
- [0078] 상악치리를 위한 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 중심점이 비강(Nasal fossa)의 최하점과 평행한 선분과 만나는 점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S504)는 도 12에서와 같이 이루어진다.
- [0079] 도 12는 ANS(전비극) 구하기를 나타낸 구성도이다.
- [0080] (A)는 S501 단계에서 얻어진 관상(coronal) MIP(최대강도투사), (B)는 하방 구멍의 최하점의 높이와 x좌표를 구하고, (C)는 해당 x좌표에 해당하는 sagittal view에서 해당 높이에 해당하는 y좌표를 구하는 것을 나타낸 것이다.
- [0081] 그리고 상악치리를 위한 코뿌리점 구하기는 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 비강(Nasal fossa)의 맨 윗점으로 x,z 좌표를 구하고, x좌표의 sagittal 단면에서 z좌표와 만나는 y좌표를 산출하는 단계(S505)에 의해 수행

된다.

- [0082] 그리고 상악처리를 위한 sagittal 방향으로 과두(Condyle) 외측에서 과두(Condyle) 중심까지 sagittal MIP(최대강도투사)를 산출하는 단계(S506)는 도 13에서와 같이 이루어지고, 과두(Condyle) 후방에서 1.5cm 내외, condylion 높이에서 라뮤시안(ramusian) 높이까지 영역중 가장 큰 구멍을 구하여 구멍 중심의 좌표를 구하고, 구멍의 x좌표는 과두(Condyle) 외측 등으로 정한다.
- [0083] 도 13은 포리온(Porion) 구하기를 나타낸 구성도이다.
- [0084] 도 13에서 (A)는 과두(Condyle) 중앙에서 외측까지의 sagittal MIP(최대강도투사), (B)는 과두(Condyle) 후방에서부터 1.5cm 내, condylion에서 라뮤시안(ramusian) 상부까지 범위에서 가장 큰 구멍 (C)을 구하는 것을 나타낸 것이다.
- [0085] 그리고 상악 처리를 위한 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역을 한정하여 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후, x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 산출을 하는 단계(S507)는 코뿌리점(Nasion) 구하기 위한 것으로 도 14에서와 같이 이루어진다.
- [0086] 도 14는 코뿌리점(Nasion) 구하기를 나타낸 구성도이다.
- [0087] 도 14에서 (A)는 안구 내측 중앙부, 안구 상부와 코뿌리점 사이로 영역(붉은색)을 한정하여 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 딥러닝을 이용하여 x 및 z 좌표 구한 후(초록점), (B) x좌표에 해당하는 sagittal image에서 z와 만나는 y좌표 구하기를 나타낸 것이다.
- [0088] 그리고 상악 처리를 위한 두 안구의 평균 상부와 하부 사이의 상악의 중점을 기준으로 특정 너비(예 8mm) 만큼 MIP(최대강도투사)한 sagittal image에서 안장점(sella) 영역을 분할(segmentation)해서 딥러닝 후 그 중심좌표를 산출하는 단계(S508)는 안장점(sella) 구하기를 나타낸 것으로, 도 15에서와 같다.
- [0089] 도 15는 안장점(sella) 구하기를 나타낸 구성도이다.
- [0090] 안장점(sella) 구하기는 안장점(sella turcica) 영역을 분할(segmentation) 후 CBCT에서 3차원으로 딥러닝해서 그 중심좌표를 구하는 것도 가능하다.
- [0091] 하악 처리 단계(S404)를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0092] 도 6은 본 발명에 따른 하악 처리 상세 과정을 나타낸 플로우차트이다.
- [0093] 하악 처리 단계(S404)는 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계(S601)와, 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계(S602)와, Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계(S603)를 포함한다.
- [0094] 여기서, 하악 정준선 구하기 및 바닥에 수직으로 회전하는 단계(S601)는 도 16에서와 같이 이루어진다.
- [0095] 도 16은 하악처리를 위하여 하악의 정중선이 바닥에 수직으로 회전하는 것을 나타낸 구성도이다.
- [0096] computed modified ANP으로, 첫 기준은 이공, 혹은 axial에서 내려다 본 악궁(치열)의 knee point 등 양쪽에 모두 있는 대칭된 구조면 사용이 가능하고, 회전시마다, 회전 후 sagittal MIP(최대강도투사)에서 B point를 구해 특정 각도(예: 70도) 하후방으로 턱끝성형(genioplasty) 후 similarity index 비교하고, 하악의 정준선 바닥에 수직으로 회전을 한다.
- [0097] 그리고 관상(Coronal) MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계(S602)는 이진화된 하악 반구 → 관상(Coronal) MIP(최대강도투사) 과정으로, 이진화된 이미지의 가장 높은 점을 이용해 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정(Condylion)과, 교합평면에서 턱끝까지 바깥 윤곽선의 knee point를 이용해 z 및 x 좌표 구하고, x좌표 주변 (예: 좌우 3mm)의 sagittal 방향 MIP(최대강도투사) 이미지에서 후방 윤곽선의 knee point를 이용해 y, z 좌표 구하고, 관상(coronal) MIP(최대강도투사) 이미지에서 해당 z좌표에 해당하는 x좌표 구해서 업데이트하는 과정(Gonion)과, 교합평면 상방(ramus)만 남기고, ramus의 중심선에서 앞쪽만 남긴 후, 가장 높은 점의 z 및 x좌표 구하는 과정(coronoid process 끝)과, sagittal MIP(최대강도투사)에서 coronoid process의 끝과 condylion을 있는 선분을 그린 후 내부의 구멍의 가장 아래점의 높이를 구하고, 해당 높이의 평면상의 점들의 평균 좌표로 나머지 좌표를 구하는 과정을 포함한다.
- [0098] 도 17은 Condylion 좌표 구하기를 나타낸 구성도이고, 도 18은 Gonion 좌표 구하기를 나타낸 구성도이다.

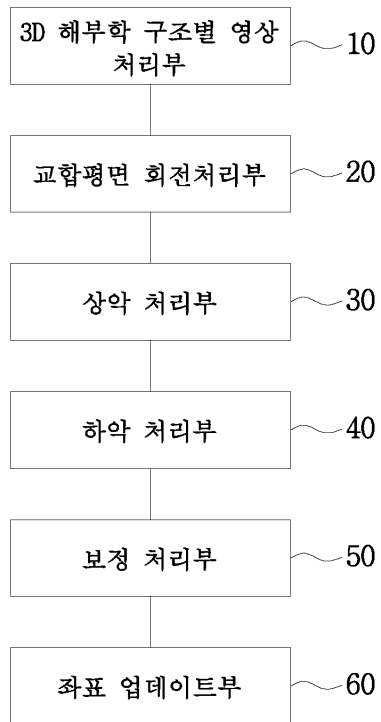
- [0099] 그리고 Sagittal MIP(최대강도투사)에서 교정점 좌표 산출을 하는 단계(S603)는 이진화된 하악 반구 → Sagittal MIP(최대강도투사) 과정으로 도 19에서와 같이 수행된다.
- [0100] 도 19는 Sagittal MIP(최대강도투사)에서 구해진 교정점 좌표를 나타낸 구성도이다.
- [0101] B, Menton, Gnathione, Pogonion를 sagittal 방향에서 영역을 한정하여 정의대로 y, z좌표 구하는 것이다.
- [0102] 예를 들어, Menton의 경우 하악의 끝점, B점의 경우 하악 전치 치관 하방에서 앞턱(치관 하방에서 턱끝까지)의 중간 높이(혹은 치근점 주변 위 아래 2mm 범위) 까지의 전면 윤곽선에서 knee point로 한다.
- [0103] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 영상처리와 CNN을 이용한 자동 3차원 세팔로메트리 장치 및 방법은 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하여 기준 평면(교합평면, 상악: mid-sagittal plane)을 따라 3차원 악골이 재조정(reorientation)되고, 하악의 경우 computed modified ANP를 기준으로 중앙 부위의 교정점들이 위치하도록 하여 비대칭 환자, 상하악골의 관계가 틀어진 비정상인 환자도 분석할 수 있도록 한 것이다.
- [0104] 본 발명은 상하악의 기준 평면을 따로 나누어 이를 기준으로 교정점들을 새롭게 정의하고 좌표가 불분명한 경우, 각각의 기준 plane을 근거로 위치를 정하여 데이터 연산량을 줄일 수 있도록 한 것이다.
- [0105] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0106] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

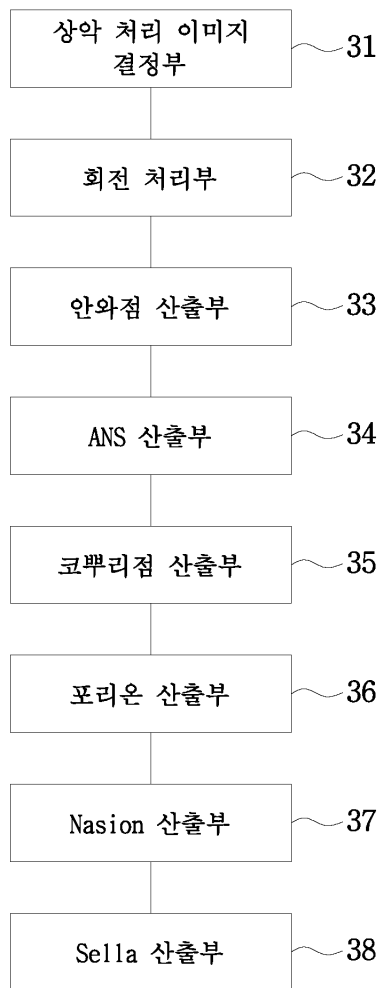
- [0107] 10. 3D 해부학 구조별 영상 처리부
20. 교합평면 회전처리부
30. 상악 처리부
40. 하악 처리부
50. 보정 처리부
60. 좌표 업데이트부

도면

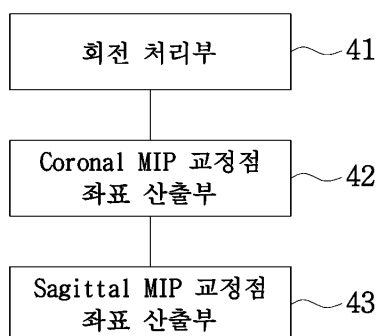
도면1



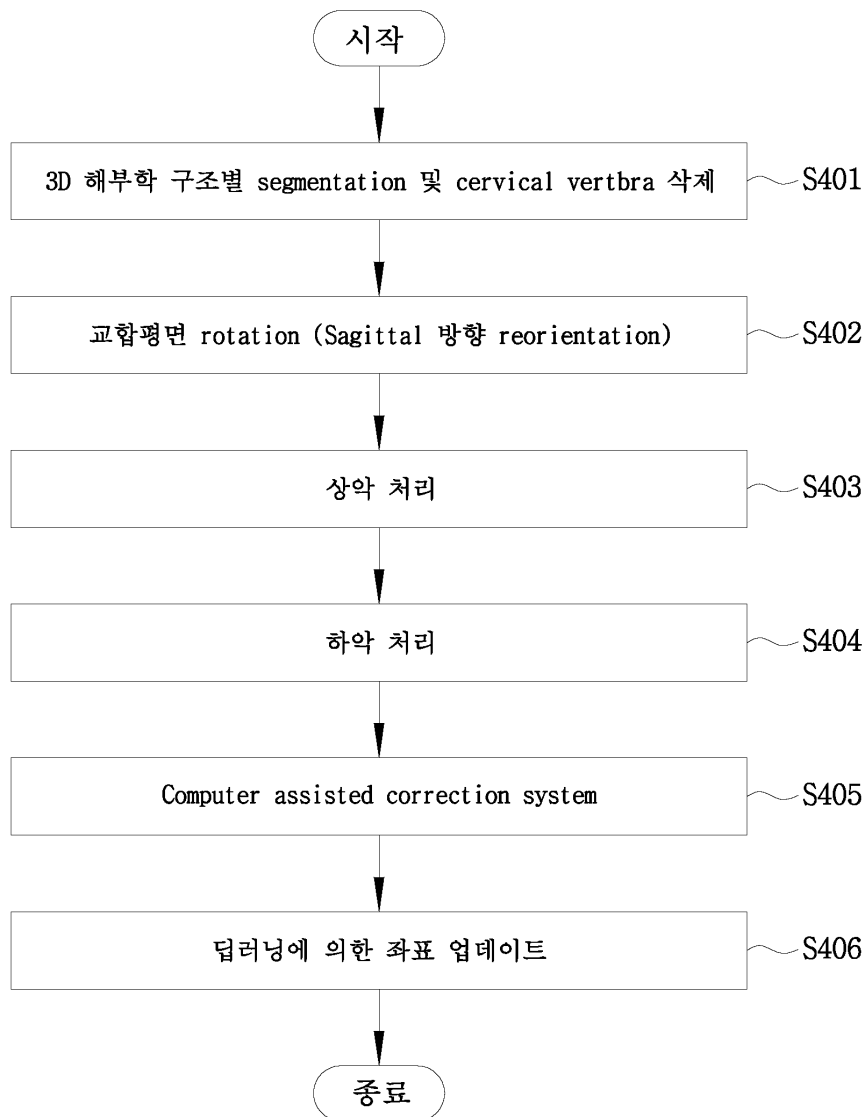
도면2



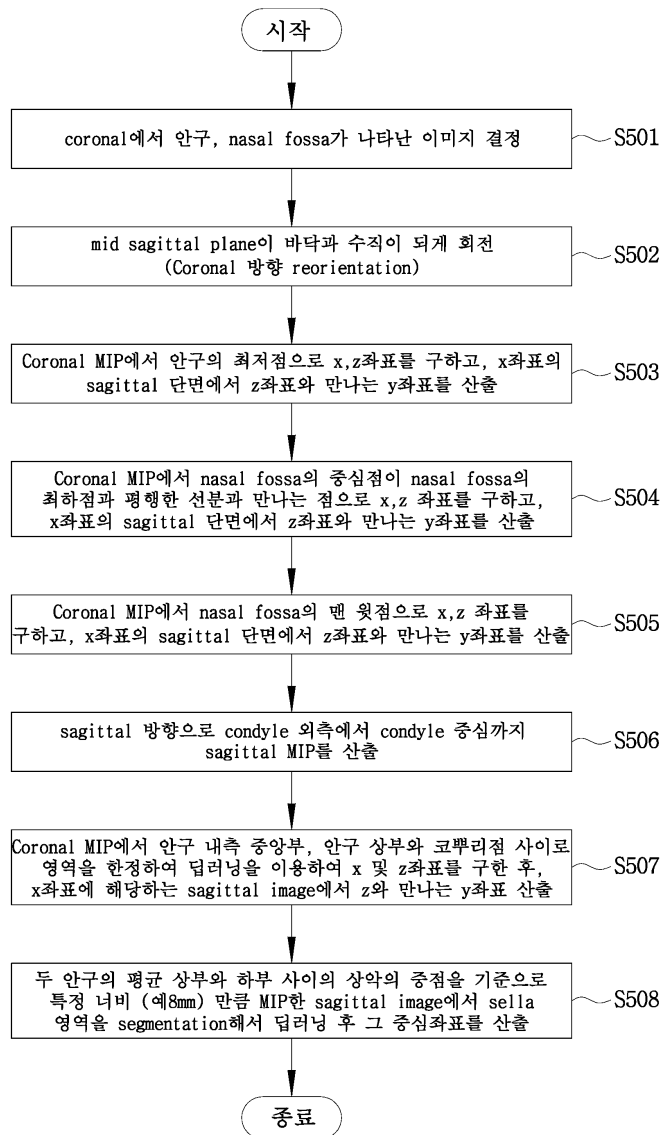
도면3



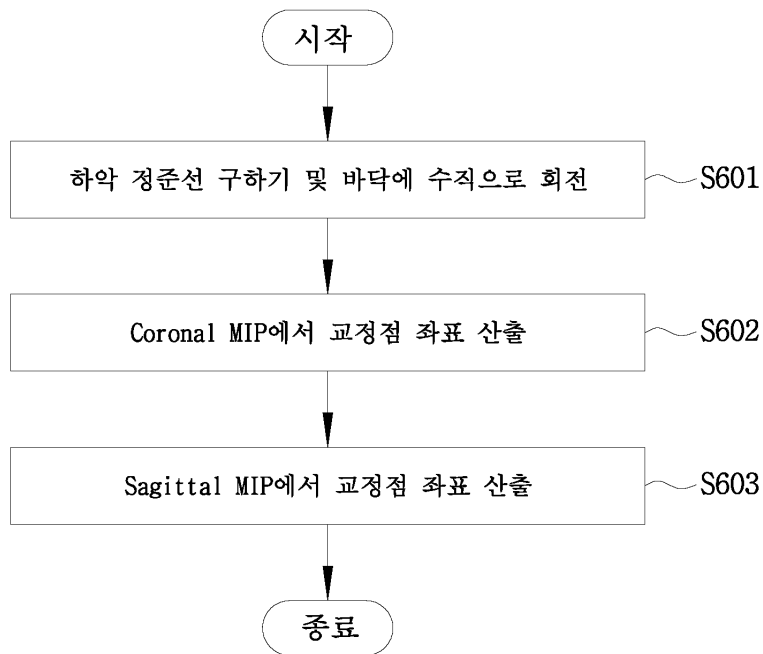
도면4



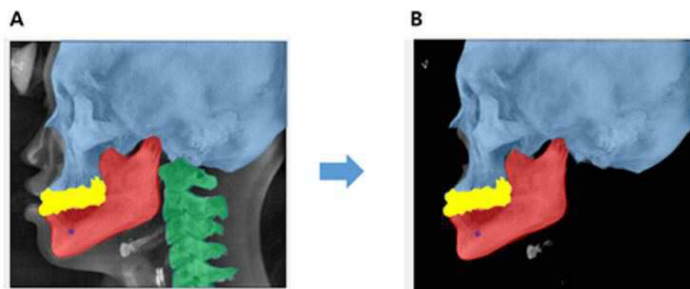
도면5



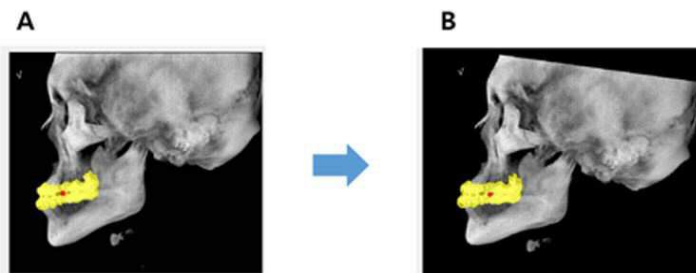
도면6



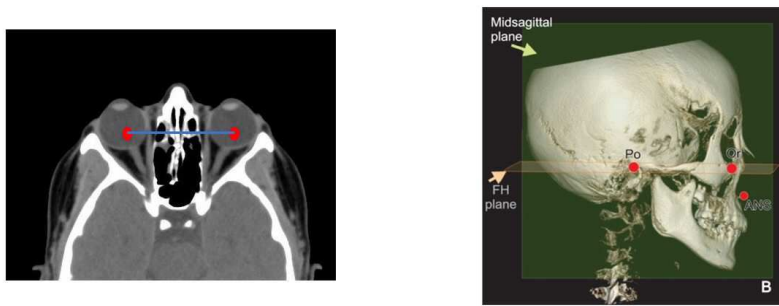
도면7



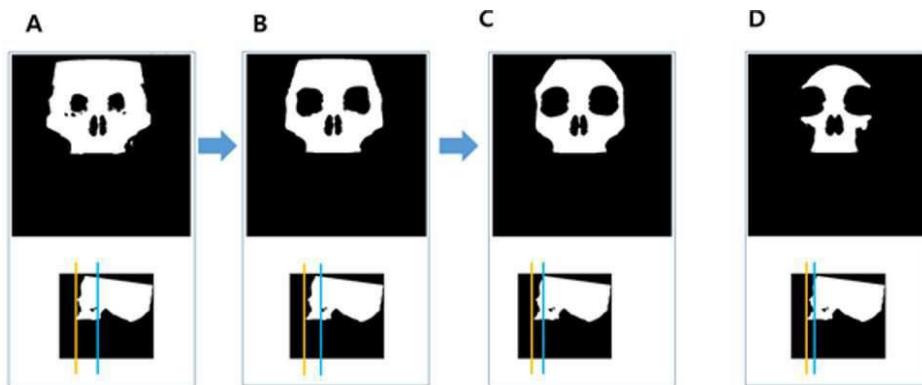
도면8a



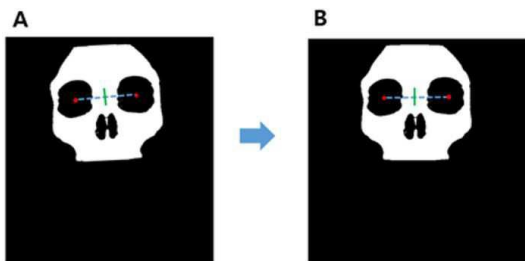
도면8b



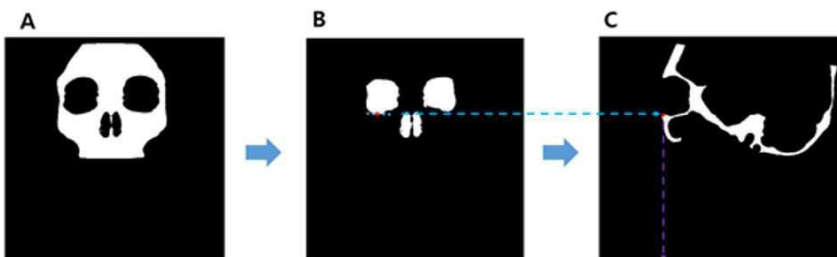
도면9



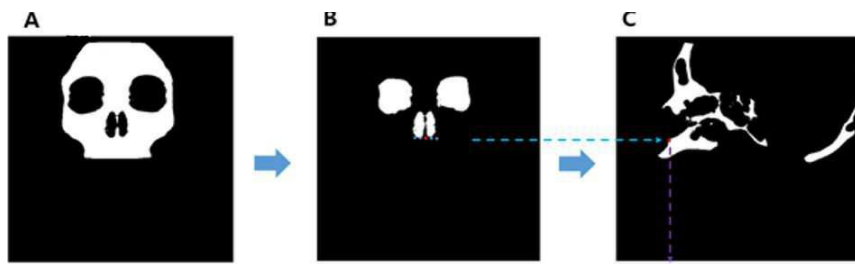
도면10



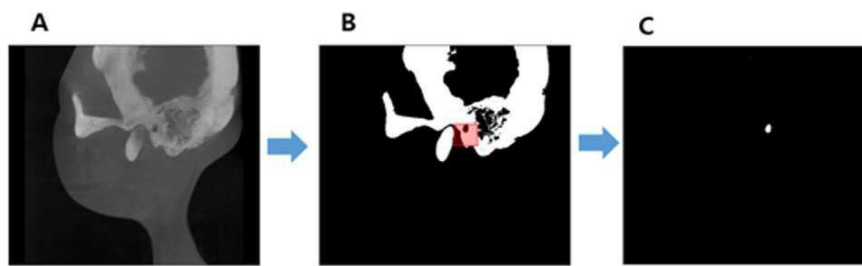
도면11



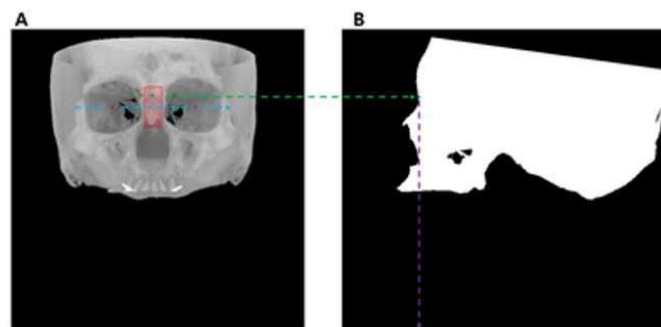
도면12



도면13



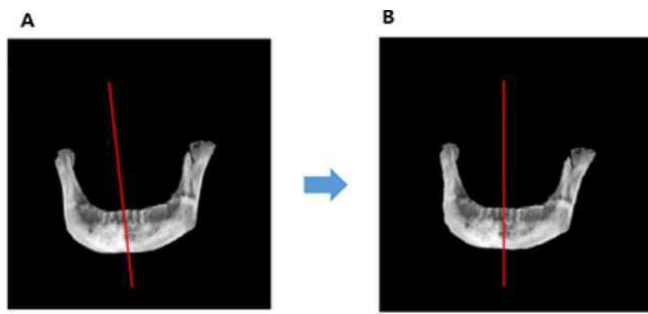
도면14



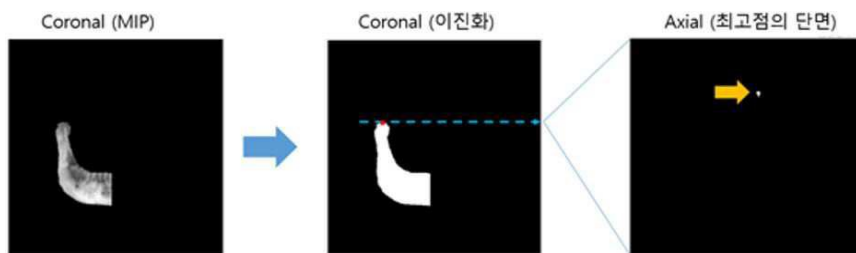
도면15



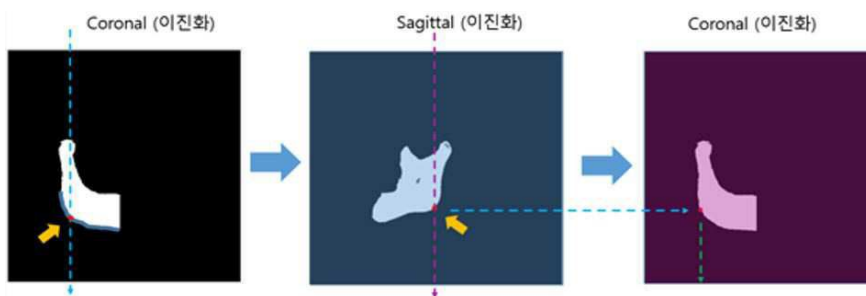
도면16



도면17



도면18



도면19

