



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월11일

(11) 등록번호 10-2624752

(24) 등록일자 2024년01월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/00 (2024.01) A61B 5/00 (2021.01)

A61B 6/03 (2024.01) A61B 6/04 (2006.01)

A61B 6/51 (2024.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/4417 (2013.01)

A61B 5/0035 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0152591

(22) 출원일자 2021년11월08일

심사청구일자 2021년11월08일

(65) 공개번호 10-2023-0066987

(43) 공개일자 2023년05월16일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120049487 A\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김규범

서울특별시 노원구 노원로 29, 8동 105호(공릉동, 우성아파트)

김규석

서울특별시 강서구 강서로47다길 48-21, 다솔하이츠빌동 202호(내발산동, 다솔하이츠빌)

박정현

서울특별시 강남구 논현로85길 52, 1506호(역삼동)

(74) 대리인

특허법인명인

전체 청구항 수 : 총 16 항

심사관 : 김의태

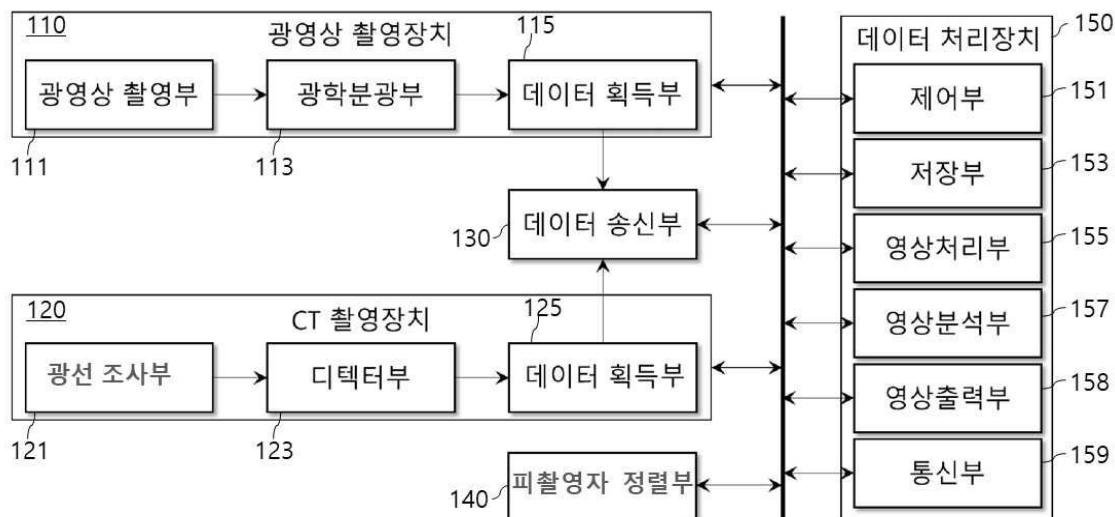
(54) 발명의 명칭 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템 및 방법

## (57) 요약

본 발명은 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 시스템은 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 광영상 촬영장치, 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 CT 촬영장치, 및 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 데이터 처리장치를 포함한다. 본 발명에 의하면 구강 광 영상 및 CT 영상의 동시 촬영이 가능하고 표준화된 영상 제공 및 촬영 효율성이 증가하는 장점이 있다. 또한 초분광 및 단일 에너지 별 CT 영상 획득할 수 있어서, 라디오믹스(radiomics) 분석을 통한 많은 특징을 추출하고 이를 기반으로 다양한 질환을 진단 및 예측이 가능한 장점이 있다. 또한 다양한 영상 정보에 기반한 아티팩트 보정이 가능하여 컴퓨터 보조 진단(computer aided diagnosis), 3D 프린팅(printing) 기반 치과용 임플란트 제작 등 치과 영상정보를 활용하는 분야의 성능 향상을 기대할 수 있다.

(52) CPC특허분류

**A61B 5/0075** (2013.01)  
**A61B 5/0088** (2013.01)  
**A61B 5/4547** (2013.01)  
**A61B 6/032** (2013.01)  
**A61B 6/04** (2013.01)  
**A61B 6/4291** (2013.01)  
**A61B 6/51** (2024.01)  
**A61B 6/5247** (2020.08)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020200061143 A\*  
KR1020200061577 A\*  
KR1020190070359 A  
KR1020180060502 A  
JP09056714 A  
KR1020180045551 A  
KR1020180074153 A  
US20130163718 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345330844
과제번호	2018R1A6A3A11050877
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	머신러닝 기반의 방사선 영상시스템 위치추적 및 위치오차 보정방법 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2021.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	9991007100
과제번호	202011B26-04
부처명	기타정부기관
과제관리(전문)기관명	범부처
연구사업명	범부처전주기의료기기연구개발사업(R&D)
연구과제명	급만성 폐질환 치료를 위한 생체신호 분석기반 스마트 호흡치료기 개발(4세부)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단(의료원)
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 광영상 촬영장치,  
 상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 CT 촬영장치, 및  
 상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 데이터 처리장치  
 를 포함하고,  
 상기 데이터 처리장치는,  
 상기 광 스펙트럼 영상 데이터로서, 분광 대역별로 획득된 분광 데이터를 이용하여 2차원의 공간 정보와 각 화소의 위치에 대한 분광 정보를 포함하는 3차원 초분광 큐브(hypercube) 데이터를 생성하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에서,  
 상기 광영상 촬영장치는,  
 피촬영자의 구강 내부에 삽입되어 상기 광 신호를 획득하는 광영상 촬영부,  
 상기 광 신호를 미리 정해진 파장 대역으로 분광하는 광학 분광부,  
 상기 분광된 광 신호를 검출하는 광 신호 검출부, 및  
 상기 분광되어 검출된 광 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 제1 데이터 획득부  
 를 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항에서,  
 상기 CT 촬영장치는,  
 상기 피촬영자의 두부에 방사선을 조사하는 광선 조사부,  
 상기 피촬영자의 두부를 투과한 방사선 신호를 검출하는 디텍터부,  
 상기 광선 조사부와 상기 디텍터부가 서로 대향하도록 배치되고, 상기 광선 조사부와 상기 디텍터부를 상기 피촬영자의 두부가 위치하는 회전축을 중심으로 회전시키는 แก트리부, 및  
 상기 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 제2 데이터 획득부  
 를 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

#### 청구항 4

제 3 항에서,

상기 갠트리부는 주 방사선은 통과시키고 산란 방사선은 감쇠시키기 위한 산란 방지 그리드를 더 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 5

제 1 항에서,

피촬영자 정렬부를 더 포함하고,

상기 피촬영자 정렬부는,

상기 피촬영자의 턱을 거치하는 턱받침대, 및

상기 피촬영자의 구강 내에 삽입되어 피촬영자에게 물려지는 바이트 가이드 블록을 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 6

제 5 항에서,

상기 바이트 가이드 블록은,

상기 광영상 촬영장치를 피촬영자의 구강 내 진입을 안내하는 내부 중공의 원통 구조가 형성되는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 광영상 촬영장치,

상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 CT 촬영장치, 및

상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 데이터 처리장치

를 포함하고,

상기 데이터 처리장치는,

상기 광 스펙트럼 데이터를 기초하여 구해지는 분광 영상의 스펙트럼 정보와 상기 단층 촬영 영상 데이터에 기초하여 구해지는 해부학적 정보에서 추출되는 피처를 미리 학습된 인공지능 모델에 입력하여 상기 피촬영자에 대한 구강 진단 결과를 출력하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 9

제 1 항에서,

상기 데이터 처리장치는,

상기 가시광선 영상 재구성 데이터로서, 상기 피촬영자의 구강 내부에서 전방향(Omni Direction)으로 얻은 영상을 미리 정해진 포맷으로 변환한 2차원 파노라마 영상을 생성하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 10

제 1 항에서,

상기 데이터 처리장치는,

상기 단층 영상 데이터에서 금속성 인공물(metal artifact)에 의한 영상 왜곡을 미리 정해진 복원 알고리즘을 이용하거나, 단층 촬영 영상 데이터의 에너지 레벨 조정을 하거나, 단층 촬영 영상 데이터로 3차원 재구성된 복셀값에서 가장 높거나 가장 낮은 HU 값을 영상화하거나, 복셀들을 관심 영역별로 색 및 투과도를 조절하여 영상화하여 보정하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템.

## 청구항 11

광영상 촬영장치에서 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 단계,

CT 촬영장치에서 상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 단계, 및

데이터 처리장치에서 상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 데이터 처리장치에서 데이터를 생성하는 단계는,

상기 광 스펙트럼 영상 데이터로서, 분광 대역별로 획득된 분광 데이터를 이용하여 2차원의 공간 정보와 각 화소의 위치에 대한 분광 정보를 포함하는 3차원 초분광 큐브(hypercube) 데이터를 생성하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

## 청구항 12

제 11 항에서,

상기 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 단계는,

피촬영자의 구강 내부에 삽입되어 상기 광 신호를 획득하는 단계,

상기 광 신호를 미리 정해진 파장 대역으로 분광하는 단계,

상기 분광된 광 신호를 검출하는 단계, 및

상기 분광되어 검출된 광 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 단계

를 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

## 청구항 13

제 11 항에서,

상기 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 단계는,

상기 피촬영자의 두부에 방사선을 조사하는 단계,

상기 피촬영자의 두부를 투과한 방사선 신호를 검출하는 단계, 및

상기 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 단계

를 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

광영상 촬영장치에서 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 단계,  
CT 촬영장치에서 상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 단계, 및

데이터 처리장치에서 상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 광 스펙트럼 데이터를 기초하여 구해지는 분광 영상의 스펙트럼 정보와 상기 단층 촬영 영상 데이터에 기초하여 구해지는 해부학적 정보에서 추출되는 피처를 미리 학습된 인공지능 모델에 입력하여 상기 피촬영자에 대한 구강 진단 결과를 출력하는 단계를 더 포함하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 16

제 11 항에서,

상기 데이터 처리장치에서 데이터를 생성하는 단계는,

상기 가시광선 영상 재구성 데이터로서, 상기 피촬영자의 구강 내부에서 전방향(Omni Direction)으로 얻은 영상을 미리 정해진 포맷으로 변환한 2차원 파노라마 영상을 생성하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 17

제 11 항에서,

상기 데이터 처리장치에서 데이터를 생성하는 단계는,

상기 단층 영상 데이터에서 금속성 인공물(metal artifact)에 의한 영상 왜곡을 미리 정해진 복원 알고리즘을 이용하거나, 단층 촬영 영상 데이터의 에너지 레벨 조정을 하거나, 단층 촬영 영상 데이터로 3차원 재구성된 복셀값에서 가장 높거나 가장 낮은 HU 값만을 영상화하거나, 복셀들을 관심 영역별로 색 및 투과도를 조절하여 영상화하여 보정하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법.

#### 청구항 18

컴퓨터에 제11항 내지 제13항 및 제15항 내지 제17항 중 어느 한 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0001]

[0002] 일반적으로 잇몸, 치아 등의 구강 내 표면 상태를 파악 및 기록하기 위해 구내 사진 촬영을 수행하며, 치아, 치주골, 신경관 등의 내부구조를 파악하기 위해 CT를 독립적으로 수행하고 있다. 이때, 구내 사진 촬영의 경우 촬영자 및 외부 상황에 많은 영향을 받는다는 단점이 있으며, 치과용 CT의 경우 연조직 대조도가 낮아 구내염과 같은 질환의 진단은 어렵다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제9,743,893호(등록일자: 2017-08-29)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 광영상 촬영 장치와 방사선 단층 촬영 장치를 융합한 시스템과 이를 통해 획득한 영상을 분석하는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템은 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 광영상 촬영장치, 상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 CT 촬영장치, 및 상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 데이터 처리장치를 포함한다.

[0006] 상기 광영상 촬영장치는, 피촬영자의 구강 내부에 삽입되어 상기 광 신호를 획득하는 광영상 촬영부, 상기 광영상 신호를 미리 정해진 파장 대역으로 분광하는 광학 분광부, 상기 분광된 광 신호를 검출하는 광 신호 검출부, 및 상기 분광되어 검출된 광 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 제1 데이터 획득부를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 CT 촬영장치는, 상기 피촬영자의 두부에 방사선을 조사하는 광선 조사부, 상기 피촬영자의 두부를 투과한 방사선 신호를 검출하는 디텍터부, 상기 광선 조사부와 상기 디텍터부가 서로 대향하도록 배치되고, 상기 광선 조사부와 상기 디텍터부를 상기 피촬영자의 두부가 위치하는 회전축을 중심으로 회전시키는 갠트리부, 및 상기 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환하여 상기 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 제2 데이터 획득부를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 갠트리부는 주 방사선은 대부분 투과시키고 산란 방사선은 감쇠시키기 위한 산란 방지 그리드를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템은 피촬영자 정렬부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 피촬영자 정렬부는, 상기 피촬영자의 턱을 거치하는 턱받침대, 및 상기 피촬영자의 구강 내에 삽입되어 피촬영자에게 물려지는 바이트 가이드 블록을 포함할 수 있다.

[0011] 상기 바이트 가이드 블록은, 상기 광영상 촬영장치를 피촬영자의 구강 내 진입을 안내하는 내부 중공의 원통 구조가 형성될 수 있다.

[0012] 상기 데이터 처리장치는, 상기 광 스펙트럼 영상 데이터로서, 분광 대역별로 획득된 상기 분광 데이터를 이용하여 2차원의 공간 정보와 각 화소의 위치에 대한 분광 정보를 포함하는 3차원 초분광 큐브(hypercube) 데이터를 생성할 수 있다.

[0013] 상기 데이터 처리장치는, 상기 광 스펙트럼 데이터를 기초하여 구해지는 분광 영상의 스펙트럼 정보와 상기 단층 촬영 영상 데이터에 기초하여 구해지는 해부학적 정보에서 추출되는 피처를 미리 학습된 인공지능 모델에 입력하여 상기 피촬영자에 대한 구강 진단 결과를 출력할 수 있다.

[0014] 상기 데이터 처리장치는, 상기 가시광선 영상 재구성 데이터로서, 상기 피촬영자의 구강 내부에서 전방향(Omni

Direction)으로 얻은 영상을 미리 정해진 포맷으로 변환한 2차원 파노라마 영상을 생성할 수 있다.

[0015] 상기 데이터 처리장치는, 상기 단층 영상 데이터에서 금속성 인공물(metal artifact)에 의한 영상 왜곡을 미리 정해진 복원 알고리즘을 이용하거나, 단층 촬영 영상 데이터의 에너지 레벨 조절을 하거나, 단층 촬영 영상 데이터로 3차원 재구성된 복셀값에서 가장 높거나 가장 낮은 HU 값을 영상화하거나, 복셀들을 관심 영역별로 색 및 투과도를 조절하여 영상화하여 보정할 수 있다.

[0016] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 제어 방법은, 광 영상 촬영장치에서 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득하는 단계, CT 촬영장치에서 상기 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득하는 단계, 및 데이터 처리장치에서 상기 광 스펙트럼 데이터와 상기 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 중 적어도 하나 이상의 데이터를 생성하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

[0017] 본 발명에 의하면 구강 광 영상 및 CT 영상의 동시 촬영이 가능하고 표준화된 영상 제공 및 촬영 효율성이 증가하는 장점이 있다. 또한 초분광 및 단일 에너지 별 CT 영상 획득할 수 있어서, 라디오믹스(radiomics) 분석을 통한 많은 특징을 추출하고 이를 기반으로 다양한 질환을 진단 및 예측이 가능한 장점이 있다. 또한 다양한 영상 정보에 기반한 아티팩트 보정이 가능하여 컴퓨터 보조 진단(computer aided diagnosis), 3D 프린팅(printing) 기반 치과용 임플란트 제작 등 치과 영상정보를 활용하는 분야의 성능 향상을 기대할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 구성 블록도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템을 예시한 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가시광선 영상 재구성 데이터를 예시한 것이다.  
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 획득되는 초분광 영상 데이터 및 그 분석 방법을 예시한 도면이다.  
 도 5에 금속성 인공물에 의한 영상 왜곡이 발생한 투영 영상을 예시한 것이다.  
 도 6은 금속성 인공물에 의한 영상 왜곡이 발생한 단층 영상과 교정된 영상을 대비한 것이다.  
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템에서 제공되는 분석 화면을 예시한 것이다.  
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 동작을 설명하는 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 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 구성 블록도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템을 예시한 도면이다.

[0021] 도 1 및 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템은 광영상 촬영장치(110), CT 촬영장치(120), 데이터 송신부(130), 피촬영자 정렬부(140) 및 데이터 처리장치(150)를 포함할 수 있다.

[0022] 광영상 촬영장치(110)는 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하여 광 스펙트럼 데이터를 획득할 수 있다.

[0023] 광영상 촬영장치(110)는 광영상 촬영부(111), 광학 분광부(113) 및 데이터 획득부(115)를 포함할 수 있다.

[0024] 광영상 촬영부(111)는 피촬영자의 구강 내부에 삽입되어 광 신호를 획득할 수 있다.

[0025] 광영상 촬영부(111)는 광원부, 반사판, 지지대, 광학부 및 광섬유 등의 구성요소를 포함할 수 있다.



- [0026] 광원부는 구강 내부에 빛을 조광하는 광원 장치(예컨대 LED, 백색 LED, 텅스텐 할로겐 램프, 제논 플래시 램프 등)로 구현할 수 있다.
- [0027] 반사판은 물체에 반사된 빛을 광학부로 보내는 구조물로, 구강 내부에서 반사된 빛을 광학부로 가이드할 수 있다.
- [0028] 지지대는 반사판과 광학부를 연결하고 고정하는 구조물로 구현할 수 있으며, 구조는 실시예에 따라 다양하게 변형 가능하다.
- [0029] 광학부는 반사판에서 반사된 빛을 광학 분광부(113)로 전달하는 광학 구조물일 수 있다. 광학부는 대물 렌즈, 이미징 렌즈 및 광섬유 등을 포함할 수 있다.
- [0030] 대물렌즈는 구강 내부에서 반사되어 반사판 표면에 결상된 영상에 대응하는 빛을 대물 렌즈와 이미징 렌즈 사이에 형성되는 초점으로 모아주는 역할을 수행하며 반사판보다 작은 볼록 렌즈로 구현할 수 있다.
- [0031] 이미징 렌즈는 대물 렌즈를 통해 입사된 빛이 거꾸로 맺히며 광섬유로 영상을 전달할 수 있다. 이미징 렌즈는 볼록 렌즈로 구성되어 빛을 광섬유로 향하게 하며, 대물 렌즈와 같거나 크게 구성할 수 있다.
- [0032] 광섬유는 이미징 렌즈를 통해 전달되는 빛을 내부 반사를 통해 광학 분광부(113)로 전달할 수 있다. 광섬유는 광학부의 이미징 렌즈와 비슷한 지름(10 ~ 30mm)으로 구성될 수 있고, 코히런트 이미징(coherent imaging) 채널과 광원 및 전원을 공급하는 채널이 포함될 수 있다.
- [0033] 광학 분광부(113)는 광영상 촬영부(111)에서 획득되는 광영상 신호를 미리 정해진 파장 대역으로 분광하고, 분광된 광 신호를 검출할 수 있다. 예를 들어 광학 분광부(113)는 광영상 촬영부(111)에서 전달되는 아날로그 광영상 신호를 가시광선(400~700nm), 자외선(100~400nm), 근적외선(700~1100nm) 등의 파장 대역으로 세분화하고 이를 디지털화하기 위한 신호처리를 수행할 수 있다. 이를 위해 광학 분광부(113)는 분광 구성요소와 이미지 센서를 포함할 수 있다. 분광 구성요소는 렌즈, 거울, 프리즘 등의 광학 요소를 조합하여 투과형 광학 구조나 반사형 광학 구조를 가지고, 입사된 빛을 분광하여 출력할 수 있다. 한편 이미지 센서는 분광 구성요소에서 미리 정해진 파장 대역별로 분광된 광 신호를 전기적 신호로 변환하여 획득하기 위한 이미지 센서(CCD 센서, CMOS 센서 등) 등을 포함할 수 있다.
- [0034] 데이터 획득부(115)는 광학 분광부(113)에서 분광되어 검출된 광 신호를 디지털 신호로 변환하여 광 스펙트럼 데이터를 획득할 수 있다. 이를 위해 데이터 획득부(115)는 ADC(analog-to-digital converter), ASIC(Application Specific IC), FPGA(Field Programmable Gate Array) 등을 통하여 아날로그 광 신호를 디지털 신호로 변환 및 신호처리하기 위한 구성 요소를 포함할 수 있다. 데이터 획득부(115)에서 획득되는 디지털 신호는 픽셀 별 스펙트럼 데이터, 스캐닝 방식, 분광 범위, 분광 대역폭, 대역 수, 스캔 당 픽셀 수 등을 포함할 수 있다.
- [0035] CT 촬영장치(120)는 피촬영자의 두부를 촬영하여 획득한 단층 촬영 영상 데이터를 획득할 수 있다.
- [0036] CT 촬영장치(120)는 광선 조사부(121), 디텍터부(123), 데이터 획득부(125) 및 갠트리부(127)를 포함할 수 있다.
- [0037] 광선 조사부(121)는 피촬영자의 두부에 방사선인 엑스선(X-ray)을 조사할 수 있다. 광선 조사부(121)는 실시예에 따라 다양한 종류의 콜리메이터(collimator)에 의해 엑스선 스펙트럼이 변형될 수 있다.
- [0038] 디텍터부(123)는 피촬영자의 두부를 투과한 방사선 신호를 검출할 수 있다. 디텍터부(123)는 간접 방식인 EID(Energy Integrated Detector), 직접 방식인 PCD(Photon Counting Detector) 등으로 구현할 수 있다. 디텍터부(123)에서 획득되는 데이터 타입은 EID는 각 픽셀 별 강도, PCD는 각 픽셀 별 카운팅(counting)의 수와 에너지의 레벨 등을 포함할 수 있다.
- [0039] 데이터 획득부(125)는 디텍터부(123)에서 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환하여 단층 촬영 영상 데이터를 획득할 수 있다. 이를 위해 데이터 획득부(115)는 ADC(analog-to-digital converter), ASIC(Application Specific IC), FPGA(Field Programmable Gate Array) 등을 통하여 디텍터부(123)에서 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환 및 신호처리하기 위한 구성 요소를 포함할 수 있다.
- [0040] 갠트리부(127)는 광선 조사부(121)와 디텍터부(123)가 서로 대향하도록 배치되고, 광선 조사부(121)와 디텍터부(123)를 피촬영자의 두부가 위치하는 회전축을 중심으로 회전시키는 기구적 구성(회전 프레임)을 포함할 수 있다. 광선 조사부(121)와 디텍터부(123)는 하나의 회전 프레임에 포함될 수 있다. 갠트리부(127)는 주 방사선은

대부분 투과시키고 산란 방사선은 감쇠시키기 위한 산란 방지 그리드를 회전 프레임에 구비할 수 있다.

- [0041] 데이터 송신부(130)는 데이터 획득부(115, 125)에서 획득된 광 스펙트럼 데이터와 단층 촬영 영상 데이터를 포함하는 영상 정보를 데이터 처리장치(150)에 유선 또는 무선으로 전송할 수 있다.
- [0042] 피촬영자 정렬부(140)는 피촬영자의 조건에 맞게 촬영 환경을 조정하는 기능을 수행하며, 지지기둥(141), 턱받침대(143), 바이트 가이드 블록(145) 및 손잡이(147) 등을 포함할 수 있다. 또한 도 2에 예시하지는 않았으나, 피촬영자의 두부를 고정시키기 위한 두부 고정부(도시하지 않음) 및 피촬영자의 두부가 정확한 자세를 취하고 있는지 확인하기 위한 기준 레이저 광을 조사하는 가이드 레이저부(도시하지 않음) 등을 더 포함할 수 있다.
- [0043] 지지기둥(141)은 CT 촬영장치(120)의 높이를 조절할 수 있다.
- [0044] 턱받침대(143)는 피촬영자의 턱을 거치할 수 있는 기구적 구조를 가질 수 있다.
- [0045] 도 2에서는 광영상 촬영장치(110)에 의한 구강 내 영상 촬영 시 이용되는 바이트 가이드 블록의 예가 도시되어 있다. 이 경우 바이트 가이드 블록(145)은 내부 중공의 원통 구조로 형성되어 광영상 촬영장치(110)를 피촬영자의 구강 내 진입을 안내할 수 있다. 한편 CT 촬영 시에는 '┐' 형상으로 피촬영자의 구강 내에 삽입되어 피촬영자의 치아에 물려지는 기구적 구조를 가지는 바이트 가이드 블록을 이용할 수도 있다.
- [0046] 데이터 처리장치(150)는 광 스펙트럼 데이터와 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 광 스펙트럼 영상 데이터, 가시광선 영상 재구성 데이터, 투영 영상 데이터 및 단층 영상 재구성 데이터 등을 생성하여 화면에 출력할 수 있는 컴퓨터 장치로 구현할 수 있다.
- [0047] 데이터 처리장치(150)는 제어부(151), 저장부(153), 영상처리부(155), 영상분석부(157), 영상출력부(158) 및 통신부(159)를 포함할 수 있다.
- [0048] 제어부(151)는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 전체적인 동작을 제어할 수 있다. 구체적으로 제어부(151)는 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)의 환경 설정 및 촬영 제어를 수행할 수 있다. 또한 제어부(151)는 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)에서 획득된 데이터를 기초로 피촬영자 정렬부(140)를 구동 제어할 수 있다. 또한 제어부(151)는 데이터 처리장치(150)에서의 데이터 저장, 처리, 분석 및 출력 등을 제어할 수 있다.
- [0049] 저장부(153)는 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 동작과 관련된 각종 정보 및 데이터를 저장할 수 있다. 저장부(153)는 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)에서 획득된 영상 데이터를 저장하고, 영상 데이터 획득 시 촬영 조건(예를 들어, 광원 종류, 광원부 및 광학부 거리, X-ray 강도, 조사 시간 등), 피촬영자 정보(예, 나이, 성별 등), 데이터 분석 결과 등을 저장할 수 있다.
- [0050] 영상처리부(155)는 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)에서 획득된 영상 데이터를 기초로 다수의 영상을 목적에 맞추어 처리할 수 있다. 예를 들어 노이즈 제거, 대조도 조절, 선예도 조절, 영상 정합 등의 작업을 수행할 수 있다.
- [0051] 구체적으로 영상처리부(155)는 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)에서 획득된 영상 로데이터(raw data)에 대해서 아티팩트(artifact) 및 불균일성을 보정하는 영상 전처리 작업을 수행할 수 있다.
- [0052] 또한 영상처리부(155)는 광영상 촬영장치(110)에서 획득된 광 스펙트럼 데이터에 기초하여 광 스펙트럼 영상 데이터나 가시광선 영상 재구성 데이터 등을 생성할 수 있다.
- [0053] 영상처리부(155)는 광영상 촬영장치(110)에서 획득된 넓은 파장 범위를 가지는 광 스펙트럼 데이터(100~2000nm) 중 가시광선에 해당하는 데이터(380~750nm)를 추출하여 R(620~750nm), G(495~570nm), B(450~495nm)의 색상 혼합으로 가시광선 영상 재구성 데이터를 생성할 수 있다. 그리고 영상처리부(155)는 도 3에 예시한 것과 같이 가시광선 영상 재구성 데이터로서, 피촬영자의 구강 내부에서 전방향(Omni Direction)으로 얻은 영상을 곡률 보정(Curvature correction)을 통해 미리 정해진 포맷으로 변환한 2차원 파노라마 영상을 생성할 수도 있다. 도 3에서는 구강 내부 전방향 영상에 대해 곡률 보정하여 획득된 상악 부분 파노라마 영상과 하악 부분 파노라마 영상이 좌우로 배치된 파노라마 영상을 예시하고 있다.
- [0054] 영상처리부(155)는 광 스펙트럼 영상 데이터로서, 분광 대역별로 획득된 분광 데이터를 이용하여 2차원의 공간 정보와 각 화소의 위치에 대한 분광 정보를 포함하는 도 4의 좌측에 예시한 것과 같은 3차원 초분광 큐브(hypercube) 데이터를 생성할 수도 있다.

- [0055] 한편 영상처리부(155)는 단층 촬영 영상 데이터를 처리하여 투영 영상 데이터나 단층 영상 재구성 데이터를 생성할 수도 있다. 구체적으로 영상처리부(155)는 투영 영상 데이터를 사용하여 cephalon 2D 영상 및 CT, 파노라마 등 재구성 영상을 획득할 수도 있다. 그리고 영상처리부(155)는 투영 영상 데이터 및 지오메트리(geometry) 정보를 기반으로 3차원 영상 재구성을 수행할 수도 있다. 3차원 영상 재구성 방법으로는 분석적 방법(예, FBP, gridding 등), 반복적 방법(예, ART, SART, conjugate gradient, compressed sensing, MLEM 등), 딥러닝을 응용한 방법 등이 이용될 수 있다.
- [0056] 영상처리부(155)는 광 스펙트럼 영상 데이터, 투영 영상 데이터 및 재구성된 단층 영상 데이터 등을 사용자의 편의에 따라 후처리를 진행할 수 있다. 예를 들어 광 스펙트럼 영상 데이터(픽셀 별 스펙트럼 데이터, 스캐닝 방식, 분광 범위, 분광 대역폭, 대역 수, 스캔 당 픽셀 수 등)의 곡률 제거, 눈부심(glare) 제거 등을 수행할 수 있다. 눈부심 제거(Glare removal)는 초분광 영상에서 조명의 영향을 감소시키기 위해 빛이 너무 많거나 적은 것에 대해 보정하는 작업이다.
- [0057] 한편 광영상 촬영장치(110) 및 CT 촬영장치(120)에 의해 동시 촬영이 이루어지는 경우, 도 5에 예시한 것과 같이 투영 영상 데이터에서 광영상 촬영장치(110)에 의한 금속성 인공물(metal artifact)에 의한 영상 왜곡이 발생할 수 있다. 영상처리부(155)는 금속성 인공물에 의한 영상 왜곡을 방지하기 위해서, 도 6에 예시한 것과 같이 금속성 인공물이 포함된 단층 영상 데이터(CT Image)에서 금속성 인공물을 제거한 교정 영상(Corrected Image)를 생성할 수 있다. 이를 위해 영상처리부(155)는 미리 정해진 복원 알고리즘을 이용하거나, 단층 촬영 영상 데이터의 에너지 레벨 조절을 하거나(Multi-energy computed tomography), 단층 촬영 영상 데이터로 3차원 재구성된 복셀값에서 가장 높거나 가장 낮은 HU 값만을 영상화하거나(Maximum Intensity Projection/Minimum intensity projection), 복셀들을 관심 영역별로 색 및 투과도를 조절하여 영상화하여 보정하는 볼륨 렌더링(Volume rendering) 등의 기법을 이용하여 영상 처리 작업을 수행할 수 있다.
- [0058] 영상분석부(157)는 광 스펙트럼 데이터를 기초하여 구해지는 분광 영상의 스펙트럼 정보와 단층 촬영 영상 데이터에 기초하여 구해지는 해부학적 정보에서 추출되는 피쳐(feature)를 미리 학습된 인공지능 모델에 입력하여 피촬영자에 대한 구강 진단 결과를 출력할 수 있다. 구체적으로 영상분석부(157)는 획득된 다수의 영상 데이터를 기반으로 분광 영상의 스펙트럼 정보와 단층 영상의 해부학적 정보에서 PCA, CNN, ICA, SAE(stacked autoencoder) 등의 방식으로 피쳐를 추출하고 분석(예, 딥러닝, 빅데이터 분석 등)하여 각종 구강질환 진단(예, 치주질환 여부, 치석 및 치태, 치아 우식 검출 및 예측 등)을 수행할 수 있다.
- [0059] 다시 도 4를 참고하면 PPI(Pixel Purity Index), VCA(Vertex Component Analysis) 등의 언믹싱(Unmixing) 기법을 사용하여 초분광 영상 데이터에서 물질들의 고유 분광반사 특성정보인 엔드멤버 디క్ష너리(endmember dictionary)를 추출하고, 어번던스 맵(Abundance map)을 생성하여 믹싱 모델(Mixing Model)을 구축할 수 있다.
- [0060] 영상출력부(158)는 영상처리부(155)에서 생성된 영상데이터 및 영상 분석부(157)에서 분석된 분석 결과 등을 포함하는 화면을 출력할 수 있다. 도 7은 영상출력부(158)에 출력된 화면을 예시한 것으로, 영상출력부(158)는 볼륨 렌더링을 통해 획득한 투영 영상 데이터, 단층 촬영 영상 데이터, 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 전방향(Omni Direction) 광영상 및 2차원 파노라마 영상 및 분석 결과를 하나의 화면으로 출력할 수 있다. 물론 실시예에 따라 영상출력부(158)를 통해 출력되는 화면에 포함되는 영상 및 분석 결과는 달라질 수 있다. 영상출력부(158)는 출력 화면을 관찰자에게 다양한 해상도(예, 2k, 4k 등)로 디스플레이할 수 있다. 영상출력부(158)는 시스템 모니터 또는 Host PC의 모니터 등으로 구현할 수 있다.
- [0061] 통신부(159)는 서버(도시하지 않음) 등과 유선 또는 무선 네트워크로 연결되어 외부 디바이스, 외부 의료 장치 등과 통신을 수행할 수 있다. 또한 의료 영상 정보 시스템(PACS), 병원정보시스템(HIS)을 통해 연결된 병원 서버나 병원내 다른 의료 장치와 데이터 교환 가능. PACS의 경우 의료용 디지털 영상 및 통신(DICOM) 표준에 따라 외부 디바이스와 연결될 수도 있다.
- [0062] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 치과용 광-CT 하이브리드 영상 시스템의 동작을 설명하는 흐름도이다.
- [0063] 도 8을 참고하면, 먼저 광영상 촬영장치(110)는 피촬영자의 구강 내부에 삽입된 상태에서 광원을 이용하여 구강 내부에 빛을 조광할 수 있다(S811). 다음으로 광영상 촬영장치(110)는 피촬영자의 구강 내부를 촬영한 광 신호를 분광하고(S813), 분광된 광 신호를 검출할 수 있다(S815). 이후 광영상 촬영장치(110)는 분광되어 검출된 광 신호를 디지털 신호로 변환하여 광 스펙트럼 데이터를 획득할 수 있다(S817).
- [0064] 한편 CT 촬영장치(120)는 피촬영자의 두부에 방사선인 엑스선(X-ray)을 생성하여 조사하고(S821), 피촬영자의 두부를 투과한 방사선 신호를 검출할 수 있다(S823). CT 촬영장치(120)는 광선 조사부(121)와 디텍터부(123)가

장착된 갠트리(127)를 피촬영자의 두부가 위치하는 회전축을 중심으로 일정한 간격으로 회전시키면서(S825), 단계(S821) 및 단계(S823)를 복수 회 반복할 수 있다. 이후 CT 촬영장치(120)는 검출된 방사선 신호를 디지털 신호로 변환하여 단층 촬영 영상 데이터를 획득할 수 있다(S827).

- [0065] 단계(S811) 내지 단계(S817)와 단계(S821) 내지 단계(S827)는 실시예에 따라서 순차적으로 이루어지거나 또는 병렬로 수행될 수도 있다.
- [0066] 이후 데이터 송신부(130)는 단계(S817) 및 단계(S827)에서 획득된 광 스펙트럼 데이터와 단층 촬영 영상 데이터를 포함하는 영상 정보를 데이터 처리장치(150)에 유선 또는 무선으로 송신할 수 있다(S830).
- [0067] 데이터 처리장치(150)는 광 스펙트럼 데이터와 단층 촬영 영상 데이터에 대해 필요한 전처리를 수행할 수 있다(S840).
- [0068] 이후 데이터 처리장치(150)는 전처리된 광 스펙트럼 데이터에 기초하여 광 스펙트럼 영상 데이터를 생성할 수 있다(S851). 그리고 데이터 처리장치(150)는 광 스펙트럼 영상 데이터를 목적에 맞추어 처리하여 재구성된 광학 영상을 생성할 수 있다(S853).
- [0069] 한편 데이터 처리장치(150)는 전처리된 단층 촬영 영상 데이터에 기초하여 투영 영상 데이터를 생성할 수 있다(S861). 그리고 데이터 처리장치(150)는 투영 영상 데이터를 목적에 맞추어 처리하여 재구성된 단층 영상을 생성할 수 있다(S863). 단계(S863)에서 역투영(back-projection) 기법 등이 이용될 수 있다.
- [0070] 이후 데이터 처리장치(150)는 광 스펙트럼 영상 데이터, 투영 영상 데이터, 재구성된 광학 영상 데이터 및 재구성된 단층 영상 데이터를 사용자의 편의에 따라 후처리를 진행할 수 있다(S870).
- [0071] 마지막으로 데이터 처리장치(150)는 광 스펙트럼 영상 데이터, 투영 영상 데이터, 재구성된 광학 영상 데이터 및 재구성된 단층 영상 데이터에 대한 분석을 수행하고, 분석 결과를 출력할 수 있다(S880).
- [0072] 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.
- [0073] 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, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 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.
- [0074] 실시예에 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



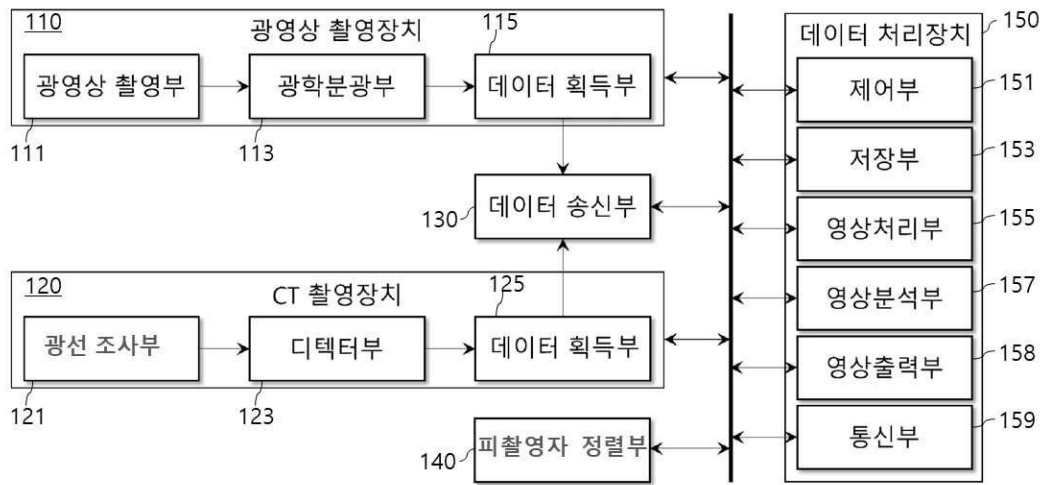
기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0075]

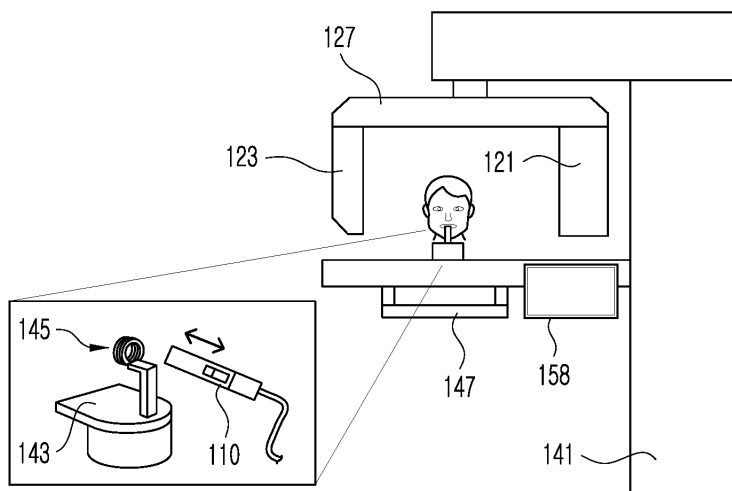
이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

## 도면

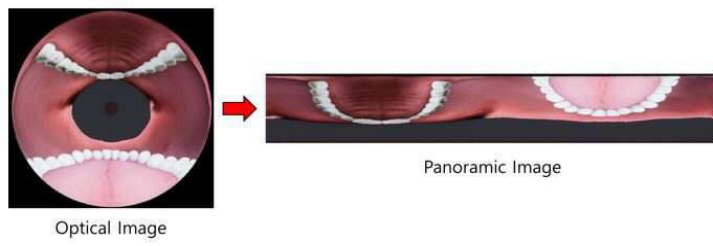
### 도면1



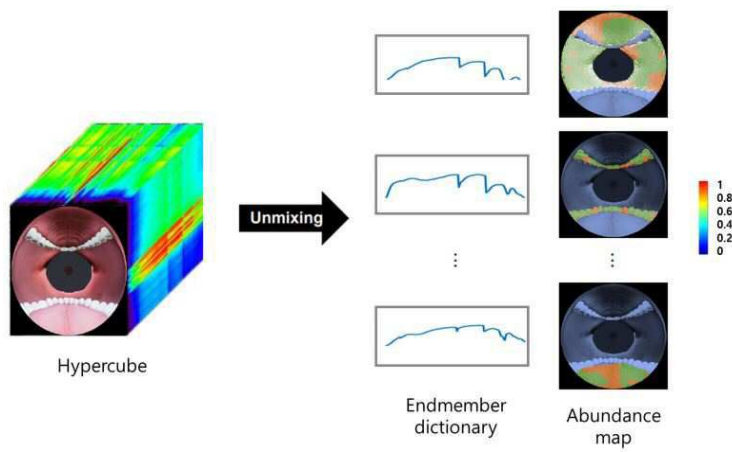
### 도면2



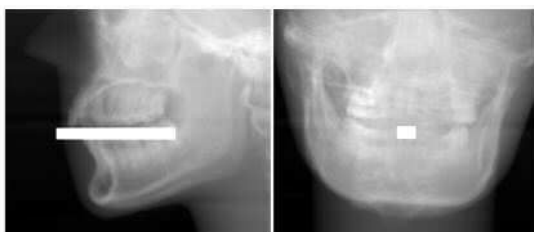
도면3



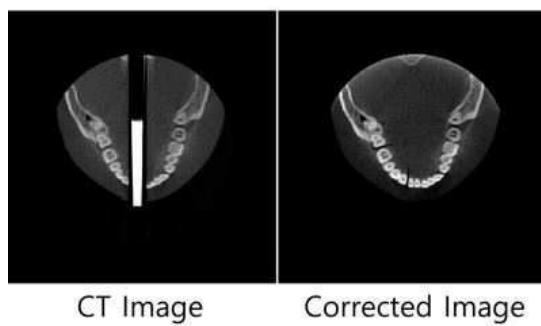
도면4



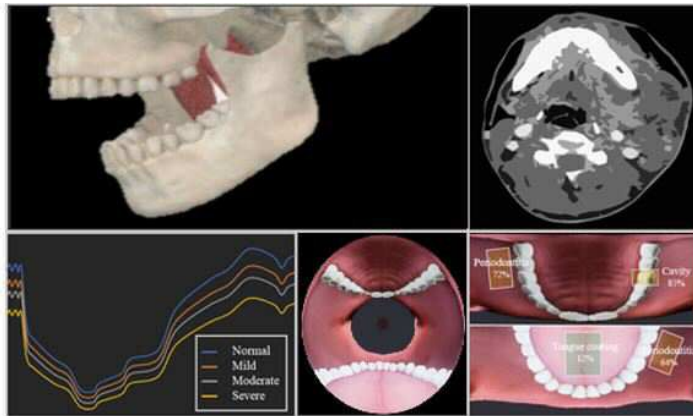
도면5



도면6



도면7



도면8

