



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0134887
(43) 공개일자 2023년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) G06N 3/04 (2023.01)
G06N 3/08 (2023.01) G06V 10/82 (2022.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/4547 (2013.01)
A61B 5/7264 (2023.08)
(21) 출원번호 10-2022-0032251
(22) 출원일자 2022년03월15일
심사청구일자 2022년03월15일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
장원두
부산광역시 영도구 절영로 524, 105동 903호(동삼동, 롯데캐슬 블루오션)
박사론
부산광역시 영도구 태종로668번길 2-2(동삼동)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

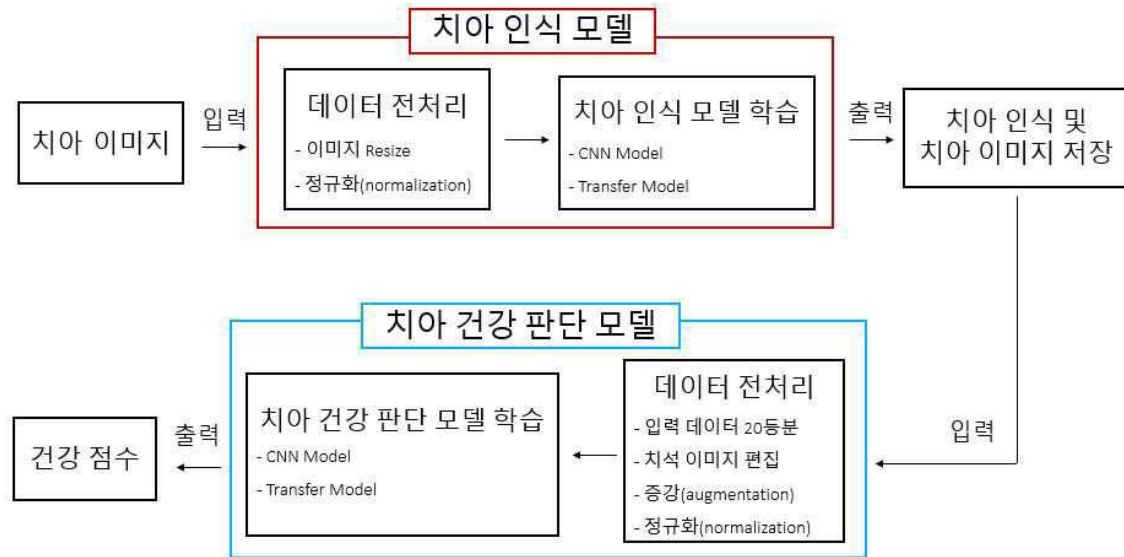
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무 뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법에 관한 것으로, 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부;상기 치아 인식 모델부에 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부;치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/045 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G06V 2201/03 (2022.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20210954
과제번호	CD20210954
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	국가연구개발사업
연구과제명	인공지능 빅데이터를 이용한 비대면 구강건강관리 시스템
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교 산학협력단
연구기간	2021.05.01 ~ 2021.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부;

상기 치아 인식 모델부에 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부;

치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 치아 인식 모델부는,

구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부와,

구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와,

재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 치석 인식 모델부는,

치아 이미지를 수집하는 치아 이미지 수집부와,

치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부와,

치석 이미지를 분할하는 치석 이미지 분할부와,

등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부와,

증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 검증 출력부는,

치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부와,

치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부와,

치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와,

등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

치석 인식 모델을 이용하여 입력 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부와,

치석 유무 판단부의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 5

치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부;

치아 인식 모델부에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델부;

치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부;

구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 치아 인식 모델부는,

구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부와,

구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와,

재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 치아 1개 인식 모델부는,

치아 인식 모델부에 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집부와,

입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와,

등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와,

치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 치석 인식 모델부는,

치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부와,

치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부와,

증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 9

제 5 항에 있어서, 검증 출력부는,

치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부와,

치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부와,

치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와,

등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식부와,

치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와,

치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부와,

치석 유무 판단부의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템.

청구항 10

치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계;

상기 치아 인식 모델 학습 단계에서 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계;

치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 치아 인식 모델 학습 단계는,

구강 이미지를 수집하는 단계와,

상기 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 단계와,

상기 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계와,

상기 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계는,

고속 객체 인식 모델(You Only Look Once: YOLO)의 모델 형식을 모방하여 $S \times S \times (B \times 5 + C)$ 의 크기를 갖는 텐서를 설정하고,

S: 그리드 개수, B: 바운딩 박스 개수, C: Class 개수인 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서, 치아 인식 모델 학습 단계 및 치석 인식 모델 학습 단계는,

합성곱 신경망(Convolutional Neural Network:CNN) 혹은 전이학습층(Transfer Layer)과 완전 연결층(Fully Connected Layer)를 설계하고, 학습하며 파라미터 및 하이퍼 파라미터 값을 조정하며 최적의 학습 모델을 찾아 학습된 모델의 성능을 테스트 이미지로 검증하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서, 치석 인식 모델 학습 단계는,

치아 이미지를 수집하는 단계와,

상기 치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 단계와,

치아 이미지를 등분하는 단계와,

상기 등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 단계와,

상기 재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 단계와,

상기 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 15

제 10 항에 있어서, 검증 출력 단계는,

치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정 단계와,

치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장 단계와,

상기 치아 이미지를 등분하는 단계와,

상기 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 단계와,

치석 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치석 유무 판단 및 건강 점수 반환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 16

치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계;

치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델 학습 단계;

치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계;

구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 치아 인식 모델 학습 단계는,

구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집 단계와,

구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와,

재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계와,

재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서, 치아 1개 인식 모델 학습 단계는,

치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집 단계와,

입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계와,

등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와,

재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계와,

치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 19

제 16 항에 있어서, 치석 인식 모델 학습 단계는,

치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집 단계와,
 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와,
 재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강 단계와,
 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

청구항 20

제 16 항에 있어서, 검증 출력 단계는,
 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정 단계와,
 치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식 단계와,
 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계와,
 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와,
 치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식 단계와,
 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와,
 치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단 단계와,
 치석 유무 판단 단계의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 치석 인식 기술에 관한 것으로, 구체적으로 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 인공지능 기술의 발달로 인해 인공지능을 활용한 다양한 정보화 산업들이 생겼다. 또한, 인간의 평균 수명의 연장과 COVID-19와 같은 전염병의 확산에 대한 두려움 등으로 인해 인공지능을 활용한 헬스케어에 대한 연구도 활발하다.

[0003] 인공지능 기술 중에서 딥러닝 기술이 많이 사용되는데, 딥러닝 기술은 헬스케어 영역에서 이점이 많고 잠재력이 뛰어나다는 평가를 받는다.

[0004] 그중에서 치아 건강 관리 분야의 연구도 활발한데, 현재까지 대부분의 연구는 치아 파노라마 사진(Dental Panoramic Radiography: DPR)을 학습 데이터로 하여 치아 번호를 확인하고, 의사의 진료를 보조하는 모델을 연구했다.

[0005] 그러나 치아의 질병 유무, 치아의 건강 상태 등을 종합적이고 객관적으로 판단하는 인공지능 모델에 관한 연구는 거의 존재하지 않았다.

[0006] 하지만, 딥러닝 기술은 치아 번호 인식뿐만 아니라 치아의 건강을 직접 판단하는 용도로 충분히 사용할 수 있다.

[0007] 치아의 건강을 관리한다는 것은 정기적으로 치아의 건강 점수를 확인함으로써, 치아 질병에 대한 민감도를 높이는 것이다. 치아와 관련된 질병은 다른 신체의 질병에 비하여 빠른 속도로 병이 진행되고, 한번 치아가 망가지면 다시 복구하는데 큰 비용과 노력이 필요하므로 정기적인 관리가 필요하다.

[0008] 그러나 대부분 사람이 치아 질병에 대하여 민감도가 낮으므로 치료의 적기를 놓친다.

[0009] 이때, 딥러닝 기술은 치아의 건강을 관리 부분에서 객관적이고 종합적인 판단을 내리고, 웹 페이지 혹은 앱 등

을 통해 정기적으로 치아 건강 점수를 확인할 수 있는 이점을 가진 기술이다.

- [0010] 그러나 딥러닝을 이용하는 대부분은 치아의 번호를 판단하여 진료를 보조하는 딥러닝 모델에 관한 연구이며, 치석 등 치아의 건강 상태를 추정하는 연구는 시도되지 않았다.
- [0011] 따라서, 치아 질병에 대한 민감도를 높이고, 전문 의료기관의 도움을 받는 것에 관한 판단을 더욱 빠르게 할 수 있도록 하는 딥러닝을 이용한 새로운 치아 건강 관리 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2267739호
(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-2262446호
(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-2284579호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 종래 기술의 치석 인식 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0014] 본 발명은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 구축하여 치아 이미지가 아닌 실시간 영상에서 치아를 인식하여 실시간 점수를 반환하여 치아의 질병을 정확하게 판단하고, 활용성을 높일 수 있도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0015] 본 발명은 클라우드 서비스를 이용하여 딥러닝 모델을 서버에 탑재하고, 웹 사이트와 연동하여 데이터를 전송하게 하고, 개인은 휴대용 단말기로 딥러닝 서버에서 제공하는 웹 사이트에 접속하여, 학습된 모델들을 사용할 수 있도록 하여 사용자의 편리성을 높인 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0016] 본 발명은 치아 건강 판단 모델을 통한 치아 건강점수 출력으로 전문 의료 기관에서 치아 질병을 진단하는 데 건강 점수를 보조 자료로 활용하여 정확한 치아 질병 진단에 효과적으로 사용될 수 있도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0017] 본 발명은 일상에서 학습된 모델을 사용할 수 있도록 미리 학습된 모델을 서버에 탑재 후 사용하고, 웹 페이지 또는 어플에서 이미지를 업로드 하도록 하고, 업로드 된 이미지를 자동적으로 테스트하여 건강 점수를 반환하는 것에 의해 활용성을 높일 수 있도록 한 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0018] 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

- [0019] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부;상기 치아 인식 모델부에 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부;치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 여기서, 치아 인식 모델부는, 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식

모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 그리고 치석 인식 모델부는, 치아 이미지를 수집하는 치아 이미지 수집부와, 치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부와, 치석 이미지를 분할하는 치석 이미지 분할부와, 등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 그리고 검증 출력부는, 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부와, 치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 치석 인식 모델을 이용하여 입력 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부와, 치석 유무 판단부의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부;치아 인식 모델부에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델부;치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부;구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 여기서, 치아 인식 모델부는, 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고 치아 1개 인식 모델부는, 치아 인식 모델부에 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집부와, 입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와, 등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부와, 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 그리고 치석 인식 모델부는, 치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 그리고 검증 출력부는, 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부와, 치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식부와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부와, 치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부와, 치석 유무 판단부의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계;상기 치아 인식 모델 학습 단계에서 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계;치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 여기서, 치아 인식 모델 학습 단계는, 구강 이미지를 수집하는 단계와, 상기 구강 이미지의 크기를 치아 인식

모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 단계와, 상기 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계와, 상기 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 그리고 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계는, 고속 객체 인식 모델(You Only Look Once: YOLO)의 모델 형식을 모방하여 $S \times S \times (B \times 5 + C)$ 의 크기를 갖는 텐서를 설정하고, S: 그리드 개수, B: 바운딩 박스 개수, C: Class 개수인 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 치아 인식 모델 학습 단계 및 치석 인식 모델 학습 단계는, 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network: CNN) 혹은 전이학습층(Transfer Layer)과 완전 연결층(Fully Connected Layer)를 설계하고, 학습하며 파라미터 및 하이퍼 파라미터 값을 조정하며 최적의 학습 모델을 찾아 학습된 모델의 성능을 테스트 이미지로 검증하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 그리고 치석 인식 모델 학습 단계는, 치아 이미지를 수집하는 단계와, 상기 치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 단계와, 치아 이미지를 등분하는 단계와, 상기 등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 단계와, 상기 재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 단계와, 상기 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 그리고 검증 출력 단계는, 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정 단계와, 치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장 단계와, 상기 치아 이미지를 등분하는 단계와, 상기 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 단계와, 치석 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치석 유무 판단 및 건강 점수 반환하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계; 치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델 학습 단계; 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계; 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 여기서, 치아 인식 모델 학습 단계는, 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집 단계와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 치아 1개 인식 모델 학습 단계는, 치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집 단계와, 입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계와, 등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와, 재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계와, 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0037] 그리고 치석 인식 모델 학습 단계는, 치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집 단계와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와, 재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강 단계와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0038] 그리고 검증 출력 단계는, 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정 단계와, 치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식 단계와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와, 치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식 단계와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계와, 치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단 단계와, 치석 유무 판단 단계의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0039] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0040] 첫째, 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한다.
- [0041] 둘째, 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 구축하여 치아 이미지가 아닌 실시간 영상에서 치아를 인식하여 실시간 점수를 반환하여 치아의 질병을 정확하게 판단하고, 활용성을 높일 수 있도록 한다.
- [0042] 셋째, 클라우드 서비스를 이용하여 딥러닝 모델을 서버에 탑재하고, 웹 사이트와 연동하여 데이터를 전송하게 하고, 개인은 휴대용 단말기로 딥러닝 서버에서 제공하는 웹 사이트에 접속하여, 학습된 모델들을 사용할 수 있도록 하여 사용자의 편리성을 높인다.
- [0043] 넷째, 치아 건강 판단 모델을 통한 치아 건강점수 출력으로 전문 의료 기관에서 치아 질병을 진단하는 데 건강 점수를 보조 자료로 활용하여 정확한 치아 질병 진단에 효과적으로 사용될 수 있도록 한다.
- [0044] 다섯째, 일상에서 학습된 모델을 사용할 수 있도록 미리 학습된 모델을 서버에 탑재 후 사용하고, 웹 페이지 또는 어플에서 이미지를 업로드 하도록 하고, 업로드 된 이미지를 자동적으로 테스트하여 건강 점수를 반환하는 것에 의해 활용성을 높일 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0045] 도 1은 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 전체 개념을 나타낸 구성도
- 도 2는 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 구성도
- 도 3은 치아 인식 모델부의 상세 구성도
- 도 4는 치석 인식 모델부의 상세 구성도
- 도 5는 검증 출력부의 상세 구성도
- 도 6은 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 7은 본 발명에 따른 검증 출력 과정을 나타낸 플로우 차트
- 도 8a와 도 8b는 YOLO 모델의 객체 인식 과정 및 Residual의 개념을 나타낸 구성도
- 도 9는 치아 데이터의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 10은 치아 데이터 레이블 영역의 예시도
- 도 11은 Resize 처리된 학습 데이터 예시도
- 도 12는 치아 영역 인식 결과 예시도
- 도 13은 치아 인식 모델 중 CNN + Classification 모델의 구조도
- 도 14는 치아 인식 모델 중 ResNet152 + Classification 모델의 구조도
- 도 15는 치아 데이터에 치석 이미지 편집 예시도
- 도 16은 치아 데이터 20등분 및 Resize 예시도
- 도 17은 밝기 증강 데이터의 예시
- 도 18은 회전 증강 데이터의 예시도
- 도 19는 치아 건강 판단 모델 중 CNN + Classification 모델의 구조도
- 도 20은 치아 건강 판단 모델 중 ResNet152 + Classification 모델의 구조도
- 도 21은 딥러닝 모델 사용을 위한 구조 및 데이터 흐름도

도 22는 Index.html 파일에 구현된 웹 페이지 화면 예시도

도 23은 전처리 및 모델 입출력에 의한 입력 데이터의 변화 예시도

도 24는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 구성도

도 25는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치아 인식 모델부의 상세 구성도

도 26은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치아 1개 인식 모델의 상세 구성도

도 27은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치석 인식 모델부의 상세 구성도

도 28은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 검증 출력부의 상세 구성도

도 29는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 나타낸 플로우 차트

도 30은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 검증 출력 과정을 나타낸 플로우 차트

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하, 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0047] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0048] 도 1은 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 전체 개념을 나타낸 구성도이다.

[0049] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한 것이다.

[0050] 이를 위하여, 본 발명은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 구축하여 치아 이미지가 아닌 실시간 영상에서 치아를 인식하여 실시간 점수를 반환하여 치아의 질병을 정확하게 판단할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0051] 본 발명은 클라우드 서비스를 이용하여 딥러닝 모델을 서버에 탑재하고, 웹 사이트와 연동하여 데이터를 전송하게 하고, 개인은 휴대용 단말기로 딥러닝 서버에서 제공하는 웹 사이트에 접속하여, 학습된 모델들을 사용할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0052] 본 발명은 치아 건강 판단 모델을 통한 치아 건강점수 출력으로 전문 의료 기관에서 치아 질병을 진단하는 데 건강 점수를 보조 자료로 활용하여 정확한 치아 질병 진단에 사용될 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0053] 본 발명은 일상에서 학습된 모델을 사용할 수 있도록 미리 학습된 모델을 서버에 탑재 후 사용하고, 웹 페이지 또는 어플에서 이미지를 업로드 하도록 하고, 업로드 된 이미지를 자동적으로 테스트하여 건강 점수를 반환하는 구성을 포함할 수 있다.

[0054] 본 발명은 전동 칫솔 등에 소형 카메라를 설치하여 치아 이미지를 인식하면 서버와 통신을 주고 받으며 건강 점수를 반환하는 구성을 포함할 수 있다.

[0055] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 구성은 다음과 같다.

[0056] 도 2는 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 구성도이다.

[0057] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부(10)와, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부(20)와, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부(30)를 포함한다.

[0058] 치아 인식 모델부(10)의 상세 구성은 다음과 같다.

[0059] 도 3은 치아 인식 모델부의 상세 구성도이다.

[0060] 치아 인식 모델부(10)는 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부(11)와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식

모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(12)와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부(13)와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부(14)를 포함한다.

[0061] 치석 인식 모델부(20)의 상세 구성은 다음과 같다.

[0062] 도 4는 치석 인식 모델부의 상세 구성도이다.

[0063] 치석 인식 모델부(20)는 치아 이미지를 수집하는 치아 이미지 수집부(21)와, 치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부(22)와, 치석 이미지를 분할하는 치석 이미지 분할부(23)와, 등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(24)와, 재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부(25)와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부(26)를 포함한다.

[0064] 검증 출력부(30)의 상세 구성은 다음과 같다.

[0065] 도 5는 검증 출력부의 상세 구성도이다.

[0066] 검증 출력부(30)는 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부(31)와, 치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부(32)와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부(33)와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부(34)와, 치석 인식 모델을 이용하여 입력 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부(35)와, 치석 유무 판단부(35)의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부(36)를 포함한다.

[0067] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0068] 도 6은 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 나타낸 플로우 차트이다.

[0069] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법은 크게 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계와, 상기 치아 인식 모델 학습 단계에서 치아 인식이 이루어지면, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계와, 치아 인식 모델 및 치석 인식 모델의 학습 이후에, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하고, 치아 이미지에서 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계를 포함한다.

[0070] 여기서, 치아 영역을 인식을 위한 모델을 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계는, 구강 이미지를 수집하는 단계와, 상기 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 단계(S501)와, 상기 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계(S502)와, 상기 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계(S503)를 포함한다.

[0071] 그리고 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 단계는, 고속 객체 인식 모델(You Only Look Once: YOLO)의 모델 형식을 모방하여 $S \times S \times (B \times 5 + C)$ 의 크기를 갖는 텐서를 설정할 수 있다.(S: 그리드 개수, B: 바운딩 박스 개수, C: Class 개수)

[0072] 그리고 치아 인식 모델 학습 단계는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network:CNN) 혹은 전이학습층(Transfer Layer)과 완전 연결층(Fully Connected Layer)를 설계하고, 학습하며 파라미터 및 하이퍼 파라미터 값을 조정하며 최적의 학습 모델을 찾아 학습된 모델의 성능을 테스트 이미지로 검증할 수 있다.

[0073] 그리고 치아 이미지에서 치석을 인식하기 위한 모델을 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계는, 치아 이미지를 수집하는 단계와, 상기 치아 이미지에서 치석 이미지를 편집하는 단계(S504)와, 치아 이미지를 등분하는 단계(S505)와, 상기 등분한 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 단계(S506)와, 상기 재조정된 등분 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 단계(S507)와, 상기 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 단계(S508)를 포함한다.

[0074] 치석 인식 모델 학습 단계는, 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network:CNN) 혹은 전이학습층(Transfer Layer)과 완전 연결층(Fully Connected Layer)를 설계하고 학습하며 파라미터 및 하이퍼 파라미터 값을 조정하며 최적의 학습 모델을 찾아 학습된 모델의 성능을 테스트 이미지로 검증할 수 있다.

[0075] 여기서, 20개 등분된 이미지 중 1개 이미지를 모델의 입력 텐서로 설정할 수 있고, 등분 개수는 이로 제한되지

않는다.

- [0076] 본 발명에 따른 검증 출력 과정을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0077] 도 7은 본 발명에 따른 검증 출력 과정을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0078] 본 발명에 따른 검증 출력 과정은 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정 단계(S601)와, 치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장 단계(S602)와, 상기 치아 이미지를 등분하는 단계(S603)와, 상기 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 단계(S604)와, 치석 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치석 유무 판단 및 건강 점수 반환하는 단계(S605)를 포함한다.
- [0079] 도 8a와 도 8b는 YOLO 모델의 객체 인식 과정 및 Residual의 개념을 나타낸 구성도이다.
- [0080] 본 발명에 사용되는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network: CNN)은 인공신경망의 종류 중 하나인데, 주로 시각적 영상 혹은 이미지의 특징을 추출하는 데 사용되는 층이다.
- [0081] CNN의 기본적인 원리는, 먼저 입력 이미지를 특정한 필터로 필터링하여 특징을 추출한다. 추출된 특징을 특징 맵이라고 하는데, 이것을 다음 층의 입력 데이터로 넘긴다. 그렇게 마지막 층까지 가게 되면 결국 최초의 입력 이미지에 대한 핵심적인 특징들만 남고, 이것으로 분류층에서 어떤 이미지인지 추측을 한다.
- [0082] 즉, CNN에서의 학습은 이미지의 특징을 추출하는 필터의 가중치를 학습시키는 것이다.
- [0083] CNN의 개념은 간단하지만, 그 용도에 따라서 CNN 구조가 사용되는 모습이 다양하다. 따라서 특정한 종류의 물체 인식을 하기 위해서는 해당 물체 인식에 최적화된 CNN 모델을 찾을 필요가 있다.
- [0084] 따라서, 본 발명에서는 이미지 인식의 대표적 모델인 고속 객체 인식 모델(You Only Look Once: YOLO)의 개념을 사용하여 치아 이미지 인식 모델을 설계한다. 그리고 이미지 데이터에서 객체 인식을 하는 방법 또한 YOLO 방식에 알맞게 설정한다.
- [0085] YOLO에서 이미지 데이터의 객체 인식을 하는 방법은 다음과 같다.
- [0086] 먼저 입력 이미지를 $S \times S$ 크기의 그리드(Grid)로 나누고 그리드마다 예측하고자 하는 바운딩 박스의 개수를 B로, 분류할 클래스의 개수는 C라고 한다.
- [0087] 이때, YOLO는 이미지를 입력으로 받고, $S \times S \times (B \times 5 + C)$ 크기의 텐서를 출력으로 나타내는 네트워크 모델인데, 이 출력값으로 객체가 존재할 그리드의 위치를 예측한다.
- [0088] 출력값은 바운딩 박스를 찾는데 필요한 5가지 정보를 포함한다.
- [0089] 그 정보는 바운딩 박스의 센터의 x, y 좌표, 바운딩 박스의 너비, 높이, 해당 그리드가 어떤 객체를 포함하는지에 대한 신뢰도(Confidence) 값을 나타낸다.
- [0090] 또한, 해당 그리드에서 나타난 객체가 어느 클래스에 속할지에 대한 확률값을 나타내는 C값도 존재한다. 만약 해당 그리드에서 신뢰도가 기준(Threshold)값 이상으로 나타나면, C에서 가장 큰 값이 해당 그리드에서 찾은 객체이다.
- [0091] 일 예로, 치아 이미지 인식 모델은 치아 입력 이미지를 5×5 그리드로 설정하고, 치아 영역만 클래스로 설정하기 때문에 B와 C값 모두 1로 설정한다.
- [0092] 따라서 치아 이미지 인식 모델의 출력 텐서는 $5 \times 5 \times (1 \times 5 + 1)$ 이므로 150이다.
- [0093] 그리고 전이학습은 특정 분야에서 이미 학습된 신경망을 유사하거나 새로운 분야에서 사용되는 신경망의 학습에 이용하는 것을 의미한다. 전이학습을 사용하는 경우는 학습 데이터가 적은 경우와 학습을 진행하는 연산 장치의 성능이 좋지 못할 경우로 크게 2가지이다.
- [0094] 딥러닝 학습에서 학습 데이터가 적으면 학습이 잘되지 않는 어려움이 자주 나타나는데, 이때 미리 학습된 모델을 사용하는 게 모델의 성능을 높이는 방법이 된다. 그러나 학습에 충분한 데이터가 있더라도 연산 장치의 성능이 좋지 못하면 학습에 어려움이 나타난다. 이때 미리 학습된 신경망은 학습 속도 면에서 도움준다.
- [0095] 이미지 인식 모델의 전이학습에 널리 사용되는 신경망은 ResNet, GoogLeNet, VGG 등이 있는데, 이 신경망들은 CNN 층과 완전 연결층의 조합으로 구성되어 있다.
- [0096] #전이학습은 이 중 이미 학습된 CNN 영역의 네트워크와 새롭게 구성되는 네트워크를 연결하여 전체 구조를 구성

하는 것이다.

- [0097] 이 중 ResNet 모델은 2015년 ILSVRC에서 우승을 차지한 이미지 분류 모델이다. ResNet 모델은 Residual Learning 기법을 사용했는데, 이 기법은 정보 전달이 한 층을 뛰어넘게(shortcut) 함으로써 오차 역전파 시에 기울기가 쉽게 전파되도록 한다. 따라서 CNN 층이 깊어질수록 나타나던 Gradient Vanishing 문제를 보완하였고, ResNet 연구는 152층까지 층이 깊어질수록 모델의 성능이 좋아지는 것을 확인하였다. 본 발명의 일 예에서 치아 이미지 인식 모델과 치아 건강 판단 모델은 ResNet152 모델을 전이학습 모델로 사용한다.
- [0098] 도 8b는 Residual의 개념을 나타낸 것으로, 입력 데이터 x 가 한 층을 건너뛰어서 $F(x)$ 와 함께 다음 층의 입력 데이터로 들어가는 모습을 나타낸 것이다.
- [0099] 치아 인식 모델의 데이터 수집 및 전처리에 관하여 설명하면 다음과 같다.
- [0100] 도 9는 치아 데이터의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0101] 본 발명의 일 실시 예에서는 이미지 인식 모델이 처리할 데이터의 범위를 정면 치아 이미지로 국한한다.
- [0102] 이는 정면 데이터가 아닌 치아 데이터의 수집은 쉽지 않았고, 정면 데이터가 아니면 치석을 제대로 분별하기 쉽지 않았기 때문이다. 따라서 일 실시 예에서 200개의 치아 정면 이미지 데이터를 이미지 인식 모델의 학습 데이터로 사용한다.
- [0103] 치아 이미지 인식 모델의 학습을 위해 수집된 이미지 데이터 레이블링, 이미지 데이터 Resize, 출력 데이터의 텐서 구성, 이처럼 3가지의 이미지 전처리 작업을 진행한다.
- [0104] 먼저 'ImgLabel'이라는 파이썬의 라이브러리를 사용하여 치아 영역을 레이블링하였는데, 잇몸은 최소한으로 포함되도록 한다.
- [0105] 도 10은 치아 데이터 레이블 영역의 예시도이다.
- [0106] 딥러닝 모델에서 학습할 때는 이미지의 크기가 일정해야 하므로 모든 이미지 데이터를 (256, 256, 3) 크기로 통일했고, 처리하는 과정에서 이미지의 기존 비율을 보존한다.
- [0107] 또한, 이미지의 여백 부분을 검은색으로 채우고, 기존에 표시된 레이블링 영역 또한 조정할 수 있다.
- [0108] 따라서, 일 실시 예에서 입력 데이터는 (256, 256, 3)의 이미지 데이터가 되었으며, 출력 데이터의 텐서는 2.2에서 설명한 $S \times S \times (B \times 5 + C)$ 의 공식이 적용되어서 150이 되었다.
- [0109] 또한, 입력 값을 0~1 사이의 값으로 정규화했는데, 이때 정규화된 입력 값에 따라서 출력 값도 0~1 사이의 값이 나와야 했기 때문에 모델의 출력층의 활성화 함수를 'Sigmoid'로 한다.
- [0110] 도 11은 Resize 처리된 학습 데이터 예시도이고, 도 12는 치아 영역 인식 결과 예시도이다.
- [0111] 그리고 이 출력 값으로 치아 객체의 존재를 예측한다.
- [0112] 인식해야 할 객체를 치아 영역만 설정했으므로 출력 데이터에서 바운딩 박스의 신뢰도 값이 기준값보다 크다는 것은 치아 객체가 존재할 확률이 높은 것을 의미한다.
- [0113] 이때, 가장 신뢰도 값이 큰 그리드 1개만을 선택했고, 해당 그리드의 바운딩 박스 정보와 치아 객체일 확률값을 이미지에 표시하도록 한다.
- [0114] 치아 인식 모델 구조의 일 예를 설명하면 다음과 같다.
- [0115] 도 13은 치아 인식 모델 중 CNN + Classification 모델의 구조도이다.
- [0116] 치아 인식 모델에 대하여 CNN 층과 분류 층으로 구성된 모델과 ResNet층과 분류 층으로 구성된 전이학습 모델을 설계하여 두 모델을 비교하였다.
- [0117] 두 모델은 모두 (256, 256, 3)의 형태를 가지는 치아 이미지 데이터를 입력 데이터로 설정하였다.
- [0118] CNN + Classification 구조에서 CNN 층에서는, 먼저 이미지 특징을 추출하는 Convolution 층을 2개씩 쌓았다. 그리고 이전 층에서 출력된 특징맵을 Z-Score 정규화하는 Batch Normalization(BN) 층을 다음 층에 넣었다. 그리고 특징 맵의 크기를 줄이는 2×2 Max Pooling 층을 넣었다. 이것을 CNN 층을 이루는 기본 단위로 설정하였다. 그리고 위 기본 단위를 토대로 노드의 개수나 층의 개수, 하이퍼 파라미터의 값 등에 변화를 주면

서최적의 모델 구조를 찾았다.

- [0119] 분류 층에서는, 먼저 CNN에서 나온 결과를 1차원 벡터로 바꾸는 Flatten 층을 넣었다. 그리고 완전 연결 층인 Dense 층, Z-Score 정규화층인 BN 층, 음의 값은 0, 양의 값은 그대로 출력해주는 RELU(Activation) 층, 네트워크의 일부 노드를 생략해서 노드들의 가중치동조화를 방지하는 Dropout 층까지를 기본 단위가 되는 순서로 설정했다.
- [0120] 그리고 노드의 수, 층의 수 등을 변화시키며 최적화 과정을 거쳤고, 출력층은 출력 텐서가 (150,1) 형태를 가져야 하므로 노드를 150으로 하였고, Sigmoid 활성 함수를 사용했다.
- [0121] CNN과 분류 층의 기본 단위를 위 순서로 설정한 이유는 모델 구조를 찾는 실험 결과 가장 성능이 좋은 구조였기 때문이다.
- [0122] 도 13은 이 구조에서 가장 최적의 노드 수, 층수 등도 시행착오를 거쳐서 찾아낸 모델이다.
- [0123] CNN 층에서는 3×3 합성곱 층 2개, BN 층 1개, 2×2 Max Pooling 층 1개인 CNN 층이 총 4번 반복되고, 반복될 때마다 노드의 수가 합성곱 층에서 16, 32, 64, 128로 늘어난다. 분류 층에서는 Dense 층, BN 층, RELU 층, Dropout 층이 총 4번 반복되고, 반복될 때마다 Dense 층에서 노드의 수가 1024, 512, 256, 128로 줄어든다. 현재 구조에서 노드나 층의 수를 더 늘리거나 줄이면 오히려 Validation Loss가 떨어지는 것을 확인하였다.
- [0124] 도 14는 치아 인식 모델 중 ResNet152 + Classification 모델의 구조도이다.
- [0125] 전이학습인 ResNet + Classification 구조에서 ResNet 모델은 ResNet50, ResNet101, ResNet152 이렇게 층의 개수에 따라서 3가지 종류의 모델이 존재한다.
- [0126] 층이 깊어질수록 모델의 성능이 높아진다는 연구 결과가 있었으나, 전이학습의 환경에서도 적용이 되는 것을 확인하기 위하여 ResNet 모델의 층수를 다르게 하여 학습을 하였고, 가장 깊은 층인 ResNet152가 전이학습에서도 가장 좋은 성능을 낸다는 사실을 얻을 수 있었다. 따라서 전이학습 모델은 ResNet152만을 사용하였다.
- [0127] ResNet152는 7×7 합성곱 층이 우선적으로 존재하고, 3×3 Max Pooling층이 다음으로 존재하는 구조이다. 이후 합성곱 150개 층이 차례로 존재하는데, 3개 층 단위로 Short-cut Connection이 발생한다. 이 합성곱 150개층은 기본적으로 Kernel size 1×1, Kernel size 3×3, Kernel size 1×1인 3개층 단위로 구성되어 있고, 이 구조에서 노드 개수가 (64, 64, 256)인 구조를 3번, (128, 128, 512)인 구조를 8번, (256, 256, 1024)인 구조를 36번, (512, 512, 2048)인 구조를 3번 반복하는 구조로 되어있다.
- [0128] ResNet152 층은 이미 학습이 되어있으므로, 가중치가 변하지 않도록 고정했고, 분류 층에서만 노드의 수, 층의 수, 하이퍼 파라미터의 값 등을 조정하면서 최적의 모델을 찾았다. 분류 층의 전체적인 구조는 CNN + Classification 모델에서 분류 층과 같다.
- [0129] 그리고 검증 출력을 위한 치아 건강 판단 모델에서의 데이터 전처리 과정은 다음과 같다.
- [0130] 도 15는 치아 데이터에 치석 이미지 편집 예시도이다.
- [0131] 검증 단계에서의 치아 건강 판단 모델은 건강한 치아와 건강하지 않은 치아를 분류하는 딥러닝 모델이고, 그 분류 기준은 치석의 유무로 하였다.
- [0132] 데이터는 모델 학습에 쓰일 100개의 건강한 치아 데이터를 인터넷에서 수집하였고, 수집한 이미지에 치석 이미지를 편집한 100개의 건강하지 않은 데이터를 직접 만들었다.
- [0133] 따라서 총 데이터는 200개이고, 편집 과정에서 치석의 색깔은 실제 치석 색깔을 측정한 RGB(223, 178, 112)로 하였다.
- [0134] 도 16은 치아 데이터 20등분 및 Resize 예시도이다.
- [0135] 그러나 200개의 치아 데이터로는 학습이 잘되지 않았는데, 충분하지 않은 데이터 수를 주요 원인으로 예상하였다. 그리고 치석의 유무보다 치열, 치아의 형태, 이미지의 밝기 등 다른 요인들이 더 크게 작용한 것도 원인으로 예상하였다.
- [0136] 따라서 모델의 정확도를 높이기 위해 학습 데이터를 늘렸다. 먼저 데이터를 건강하지 않은 치아 100개로 한정하고, 이미지를 횡 방향으로 2등분, 종 방향으로 10등분, 총 20등분을 하였다. 그리고 등분된 각 이미지를 (256, 256, 3)의 크기로 Resize 했는데, 이렇게 만든 각각의 이미지를 하나의 입력 데이터로 하면, 학습 데이터가 총

2000개의 데이터로 늘어난다.

- [0137] 도 17은 밝기 증강 데이터의 예시이고, 도 18은 회전 증강 데이터의 예시도이다.
- [0138] 더 나아가, 밝기 증강 데이터(Brightness Augmentation)를 만들어주었다. 밝기의 수준을 흑백 이미지를 0, 원본 이미지를 1, 백색 이미지를 2라고 할 때, 0.5~1.5 범위 안에서 랜덤하게 발생시켰는데, 기존 데이터에서 증강 데이터를 4배 발생시켜서 전체 데이터는 총 10000개다. 이에 따라 학습할 때 데이터의 밝기에 따른 영향을 덜 받게 되었고, 분류 모델 성능이 더 좋아졌다.
- [0139] 그리고 더 나아가, 회전 증강(Rotation Augmentation)을 만들었을 때 결과가 더 좋게 나올 수 있는지 확인했다.
- [0140] 검증 단계에서의 치아 건강 판단 모델 구조를 설명하면 다음과 같다.
- [0141] 도 19는 치아 건강 판단 모델 중 CNN + Classification 모델의 구조도이고, 도 20은 치아 건강 판단 모델 중 ResNet152 + Classification 모델의 구조도이다.
- [0142] 치아 건강 판단 모델을 학습할 때, 20등분 된 치아의 이미지 각각이 레이블값이 필요하므로, 직접 데이터를 확인하며 레이블링해주었다. 학습된 모델로 테스트할 때, 20등분 된 치아 이미지가 입력값으로 들어가고, 출력값으로 20등분 된 이미지 데이터 각각에 대해 건강한 치아 혹은 건강하지 않은 치아에 속할 확률값이 출력된다. 따라서 20개 출력값의 산술평균값을 건강 점수로 설정하였다.
- [0143] 치아 건강 판단 모델의 구조 역시 치아 이미지 인식 모델과 마찬가지로 직접 설계한 CNN 모델과 전이학습 모델에 대하여 최적의 모델 구조를 찾고 결과를 비교하였다.
- [0144] 또한, 입력 데이터의 형태도 (256, 256, 3) 형태의 이미지 데이터로 치아 인식 모델과 같다. 다만, 출력 데이터에 차이가 있는데, 치아 건강 판단 모델은 이진 분류 모델이므로 출력 텐서가 2이고, 출력 함수도 'Softmax'로 하였다. 또한, 최적화 과정에서 조정하는 노드 수, 하이퍼 파라미터 등의 값도 다르게 나타났다.
- [0145] 치아 건강 판단 모델에서 직접 설계한 CNN 모델의 구조는 다음과 같다.
- [0146] 3×3 합성곱 층 2개, Dropout 층 1개, 2×2 Max Pooling 층 1개 순서로 총 4번 반복되고, 반복될 때마다 합성곱 층의 노드 수만 4, 8, 16, 32로 증가한다.
- [0147] 분류 층에서는 Dense 층, BN 층, RELU 층, Dropout 층이 총 4번 반복되고, 반복될 때마다 Dense 층의 노드의 수만 128, 64, 32, 16으로 감소한다.
- [0148] 전이학습 모델의 ResNet152 층의 구조는 치아 인식 모델의 구조와 같고, 분류 층의 구조도 치아 인식 모델 중 전이학습 모델에서 사용된 분류 층의 구조와 같다.
- [0149] 도 21은 딥러닝 모델 사용을 위한 구조 및 데이터 흐름도이다.
- [0150] 본 발명은 치아 이미지 인식 모델과 치아 건강 판단 모델의 최적 모델을 찾고, 두 모델을 사용할 수 있도록 하기 위하여 다음 사항들을 고려한다.
- [0151] 이미 학습된 모델들은 파일 형식으로 저장할 수 있기에, 학습된 모델을 클라우드 서버에 탑재하게 되면 웹 페이지에서 간단하게 딥러닝 모델을 사용할 수 있게 된다.
- [0152] 학습된 모델을 탑재하기 위한 클라우드 서비스는 AWS의 'EC2'를 사용했고, 개발 환경은 OS 환경은 리눅스 20.04, 가상 CPU 2개, RAM 8기가를 선택했다.
- [0153] Python 버전은 3.8.10, Tensorflow는 2.5.0, Keras는 2.3.0으로 하였고, 서버로서 기능을 위한 라이브러리들을 설치해주었다.
- [0154] 특별히 웹 페이지와 파일 간의 데이터 전송 및 연관성 설정을 위해 Python 라이브러리인 'Flask'를 사용했다. 어떤 파일에서 Flask를 불러오면, 그 파일은 Flask로 개방한 특정 포트와 서버에서 할당한 공인 IP를 사용하여 사용자가 특정 웹 페이지로 접속할 수 있게 만든다.
- [0155] 웹 페이지에서 사용자와 서버는 데이터를 주고받을 수 있는데, 사용자는 웹 페이지에서 치아 건강을 확인하고 싶은 이미지의 'URL 주소'를 입력하도록 설정했고, 웹 페이지에서는 데이터를 'GET 방식'으로 Flask를 불러온 파일에 넘겨주게 된다.
- [0156] Flask를 불러온 파일은 메인 파일인데, 메인 파일은 URL 주소에서 이미지 데이터를 추출하고, 학습된 모델들을

호출한다. 호출된 치아 이미지 인식 모델은 이미지 인식을 위해 이미지를 전처리하고, 치아 데이터에서 치아 영역을 찾아낸 후, 그 영역만 잘라내서 새로 저장한다. 그 후 호출된 치아 건강 판단 모델은 치아 이미지를 전처리하고 건강 점수를 판단한다. 마지막으로 원본 이미지, 치아 인식 결과 이미지, 건강 점수, 이 3가지 결과를 'Json 형식'으로 변환하여 사용자가 접속해있는 웹 페이지로 반환한다.

- [0157] 도 22는 Index.html 파일에 구현된 웹 페이지 화면 예시도이고, 도 23은 전처리 및 모델 입출력에 의한 입력 데이터의 변화 예시도이다.
- [0158] 위와 같은 방식으로 치아 인식 모델과 치아 건강 판단 모델을 사용하면, 사용자가 웹상에서 간단하게 치아 건강을 확인할 수 있다.
- [0159] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법에 관하여 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0160] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법은 치아 이미지를 기계적으로 등분하고, 그 이미지에서 치석의 유무를 파악하지 않고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 모델을 추가하여 치아를 하나하나 인식하도록 하고, 그 치아 1개 영역 이미지를 따로 저장한 후 그 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터로 사용하는 것이다.
- [0161] 치석 인식 모델의 입력 데이터는 치아, 잇몸 등의 이미지가 섞여 있는데, 정확히 치아를 1개씩 인식하여 그 이미지에서 치석을 인식하여 치석 인식 단계에서 높은 정확도를 갖도록 한 것이다.
- [0162] 도 24는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템의 구성도이다.
- [0163] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델부(50)와, 치아 인식 모델부(50)에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델부(60)와, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델부(70)와, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력부(80)를 포함한다.
- [0164] 치아 인식 모델부(50)의 상세 구성은 다음과 같다.
- [0165] 도 25는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치아 인식 모델부의 상세 구성도이다.
- [0166] 치아 인식 모델부(50)는 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집부(51)와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(52)와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부(53)와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부(54)를 포함한다.
- [0167] 치아 1개 인식 모델부(60)의 상세 구성은 다음과 같다.
- [0168] 도 26은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치아 1개 인식 모델의 상세 구성도이다.
- [0169] 치아 1개 인식 모델부(60)는 치아 인식 모델부(50)에 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집부(61)와, 입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부(62)와, 등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(63)와, 재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정부(64)와, 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부(65)를 포함한다.
- [0170] 치석 인식 모델부(70)의 상세 구성은 다음과 같다.
- [0171] 도 27은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 치석 인식 모델부의 상세 구성도이다.
- [0172] 치석 인식 모델부(70)는 치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집부(71)와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(72)와, 재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강부(73)와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습부(74)를 포함한다.
- [0173] 검증 출력부(80)의 상세 구성은 다음과 같다.

- [0174] 도 28은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 검증 출력부의 상세 구성도이다.
- [0175] 검증 출력부(80)는 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정부(81)와, 치아 인식 모델로 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식부(82)와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할부(83)와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정부(84)와, 치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식부(85)와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정부(86)와, 치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단부(87)와, 치석 유무 판단부(87)의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력부(88)를 포함한다.
- [0176] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0177] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법은 치아 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치아 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 인식 모델 학습 단계와, 치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 등분하고, 등분된 각각의 이미지에서 다시 치아 1개씩만을 인식하는 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 치아 1개 인식 모델 학습 단계와, 치석 인식 모델 학습 이미지를 전처리하고, 치석 인식 모델을 설계하고 학습하는 치석 인식 모델 학습 단계와, 구강 이미지에서 치아 영역을 인식하고 치아 이미지를 획득하여 등분하고 치아 1개의 이미지를 인식하여 치석을 인식하고 치석의 유무를 판단하는 검증 출력 단계를 포함한다.
- [0178] 도 29는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0179] 치아 인식 모델 학습 단계는, 구강 이미지를 수집하는 구강 이미지 수집 단계와, 구강 이미지의 크기를 치아 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계(S701)와, 재조정된 구강 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계(S702)와, 재조정된 구강 이미지를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계(S703)를 포함한다.
- [0180] 그리고 치아 1개 인식 모델 학습 단계는, 치아 인식 모델 학습 단계에서 인식된 치아 이미지를 입력받는 치아 이미지 수집 단계와, 입력받은 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계(S704)와, 등분된 치아 1개의 이미지의 크기를 치아 1개 인식 모델의 입력 데이터의 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계(S705)와, 재조정된 치아 1개 이미지의 레이블 값을 기준으로 치아 1개 인식 모델의 출력 텐서를 설정하는 출력 텐서 설정 단계(S706)와, 치아 1개 인식 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계(S707)를 포함한다.
- [0181] 그리고 치석 인식 모델 학습 단계는, 치아 1개 이미지를 편집하는 치석 이미지 편집 단계(S708)와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계(S709)와, 재조정된 치아 1개 이미지를 밝기에 대하여 증강 데이터를 생성하는 데이터 증강 단계(S710)와, 증강 데이터를 포함한 학습 데이터를 입력 데이터로 하는 딥러닝 모델을 설계하고 학습하는 딥러닝 모델 학습 단계(S711)를 포함한다.
- [0182] 도 30은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 검증 출력 과정을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0183] 검증 출력 단계는, 치아 인식 모델의 입력 형식으로 구강 이미지 크기 재조정을 하는 이미지 크기 재조정 단계(S801)와, 치아 인식 모델을 통하여 입력 이미지의 치아 영역 인식 및 치아 이미지 저장을 하는 치아 영역 인식 단계(S802)와, 치아 이미지를 등분하는 치아 이미지 분할 단계(S803)와, 등분된 이미지를 치석 인식 모델 입력 형식으로 크기 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계(S804)와, 치아 1개 이미지를 인식하는 치아 1개 인식 단계(S805)와, 치아 1개 이미지를 치석 인식 모델의 입력 데이터 크기로 재조정하는 이미지 크기 재조정 단계(S806)와, 치석 인식 모델을 이용하여 치아 1개 이미지의 치석 유무 판단을 하는 치석 유무 판단 단계(S807)와, 치석 유무 판단 단계의 판단 결과에 따라 치아 건강 점수를 출력하는 치아 건강 점수 출력 단계를 포함한다.
- [0184] 본 발명에 따른 인공 지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법에서의 치아 인식 모델 성능 및 실험 결과를 설명하면 다음과 같다.
- [0185] 전통적인 이미지 인식 모델은 이미지 클래스 개수와 관계없이 이미지의 객체를 인식하는 것이다. 따라서 모델을 평가할 때 얼마나 잘 분류했느냐 보다, 오차가 얼마나 작은가를 평가한다. 비록 치아 인식 모델의 클래스가 1개지만, 이미지 인식 모델의 특성에 따라서 Loss 값을 모델 평가에 사용했다.
- [0186] 치아 이미지 인식 모델은 CNN + Classification 모델과 ResNet152 + Classification 모델을 각각 설계하여 결과를 비교하였는데, CNN 모델이 전이학습 모델보다 성능이 약간 더 좋았다.

[0187] 그 이유는 ResNet152 모델 같은 경우 1000개 이상의 이미지 클래스를 학습하는데 최적화되어있으나, 치아 인식 모델의 경우 1개 클래스만 학습하면 되기 때문에 직접 CNN 구조를 설계한 모델이 치아 이미지 학습에는 더 최적화된 것으로 판단된다.

[0188] 설계 과정에서 컴파일 환경은 두 모델이 같도록 설정했는데, 학습 대 검증 데이터 비율은 9대 1로 하였다. Optimizer은 'Adam'으로 하였고, loss 함수는 'mean square error'로 하였다. 학습률은 0.001, decay는 0.0001, epoch는 500, batch size는 8로 설정했다.

표 1

모델종류	Train_Loss	Validation_Loss
CNN + Classification	0.00009	0.00010
ResNet152 + Classification	0.00012	0.00022

[0189]

[0190] 본 발명에 따른 인공지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법에서의 치아 건강 판단 모델 성능 및 실험 결과를 설명하면 다음과 같다.

[0191] 검증 단계에서의 치아 건강 판단 모델은 이미지를 건강한 치아와 건강하지 않은 치아로 이진 분류하는 모델이다.

[0192] 따라서 정확도를 모델 평가 기준으로 사용했고, Loss 값은 모델의 과적합을 확인하는 용도로 참조했다. 그리고 전이학습 모델에서 ResNet 모델의 층의 깊이에 변화를 준 결과, 학습 데이터를 증강(Augmentation)하며 데이터 개수에 변화를 준 결과, 그리고 CNN + Classification 모델과 ResNet152 + Classification 모델을 비교한 결과를 실험을 통해 나타냈다.

[0193] 전이학습 모델인 ResNet 층은 깊어질수록 이미지 인식의 성능이 좋다는 것이 이미 연구를 통해 드러났다. 그러나 ResNet 모델은 이미지 인식을 위한 모델이기 때문에 이미지 분류 모델에서도 연구 결과가 적용되는지 확인이 필요했다.

[0194] 따라서 ResNet 모델의 층의 깊이를 다르게 한 결과를 확인하였고, 데이터는 회전 증강까지 한 50000개의 데이터로 실험하였다.

[0195] ResNet50 모델의 경우 파라미터를 최대한 조정했을 때 Test 정확도가 89%였지만, 같은 조건에서 전이학습 모델만 ResNet101로 바꿨을 때 정확도가 약 1% 더 올랐다. 그리고 ResNet101 모델도 최적의 파라미터를 찾은 상태에서 전이학습 모델만 ResNet 152로 바꿨을 때 정확도가 약 0.3% 더 올랐다. 따라서 이미지 분류 모델에서도 ResNet152가 가장 좋은 모델인 것이 확인되었다. 이후 파라미터를 조정해가며 테스트를 더 진행한 결과 ResNet152 모델의 정확도가 91%까지 오르는 것을 확인했다.

표 2

Transfer	Classification (Dense)	HyperParameter	Train_ Acc	Val_ Acc	Test_ Acc
ResNet50	32, 16, 8, 4	lr=0.001, d=0.0001 ep=300,	0.9330	0.9563	0.8924
ResNet50	96, 48, 24, 12	lr=0.00005, d=0.0001 ep=300,	0.9417	0.9427	0.8934
ResNet101	96, 48, 24, 12	lr=0.00005, d=0.0001 ep=300,	0.9566	0.9565	0.9052
ResNet101	128, 64, 32, 16	lr=0.00005, d=0.0001 ep=300,	0.9656	0.9628	0.9040
ResNet152	128, 64, 32, 16	lr=0.00005, d=0.0001 ep=300,	0.9695	0.9653	0.9070
ResNet152	192, 96, 48, 24	lr=0.00005, d=0.0001 ep=300,	0.9820	0.9688	0.9061
ResNet152	64, 32, 16, 8	lr=0.001, d=0.0001 ep=70,	0.9715	0.9747	0.9121
ResNet152	256, 128, 64, 32	lr=0.00001, d=0.0001 ep=400,	0.9193	0.9295	0.9131
ResNet152	512, 256, 128, 64	lr=0.00001, d=0.0001 ep=400,	0.9424	0.9463	0.9134
ResNet152	1024, 512, 256, 128	lr=0.00001, d=0.0001 ep=400,	0.9652	0.9622	0.9124

[0196]

[0197]

다음으로 데이터를 증강하며 데이터 개수에 변화를 줬을 때 모델 성능의 변화를 실험하였다. 모델은 정확도가 가장 높게 나온 ResNet152 전이학습 모델로 통일하였다.

[0198]

데이터 증강에 따른 모델 성능의 비교는 학습 데이터의 개수가 다르므로 분류 층의 노드의 수를 다르게 해줘야 과적합이 발생하지 않는다. 따라서 증강 단계에 따라 분류 층의 노드 수를 다르게 한 모델을 적용했는데, 원본 데이터(Original)와 20등분 된 데이터(Divided)의 경우 분류 층의 노드를 (128, 64, 32, 16)으로 설정했고, 밝기 증강 데이터(Brightness Augmentation)와 회전 증강 데이터(Rotation Augmentation)의 경우 (1024, 512, 256, 128)로 설정했다.

[0199]

실험 결과 20등분으로 나눈 데이터는 기존 데이터보다 학습 효과가 더 좋게 나타났고, 밝기 증강을 했을 때는 20등분으로 나눴을 때보다 성능이 더 좋아지는 것을 확인했다.

표 3

모델 종류	Validation_Acc	Test_Acc
CNN + Classification	0.9962	0.8745
ResNet152 + Classification	0.9912	0.9190

[0200]

[0201]

마지막으로 CNN + Classification 모델과 ResNet152 + Classification 모델의 성능을 비교하였는데, 데이터는 가장 좋은 성능을 보였던 밝기 증강 단계의 데이터로 하였다.

[0202]

실제 과정에서 컴파일 환경은 두 모델이 학습률에서 차이가 있었는데, CNN + Classification 모델은 학습률이 0.00005, ResNet152 + Classification 모델은 학습률이 0.00001이었다. 그러나 나머지 하이퍼 파라미터 및 컴파일 환경은 같았는데, decay는 0.0001, epoch는 400, batch size는 64로 하였고, optimizer는 'Adam', loss 함수는 'categorical_crossentropy' 함수로 설정되었고, Training과 Validation, Test 데이터 비율은 7대 1대

2로 설정했다.

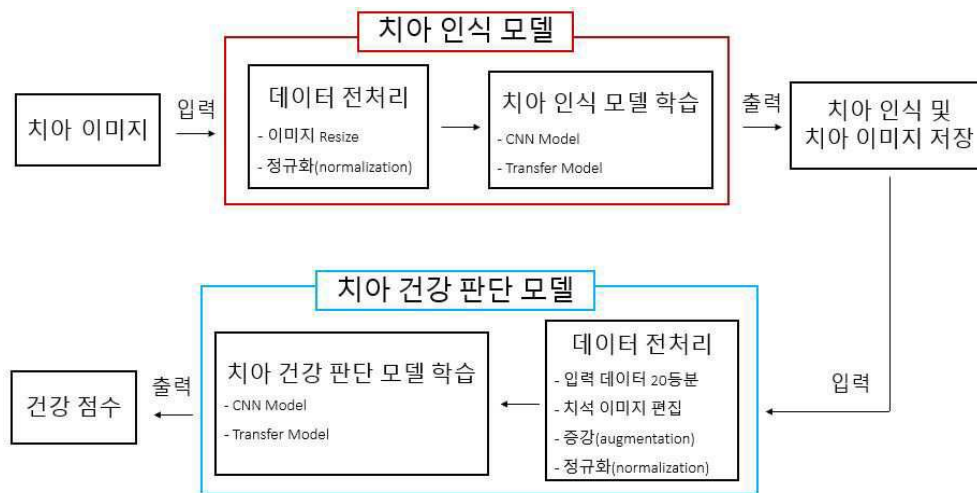
- [0203] 실험 결과 CNN + Classification 모델이 ResNet152 + Classification 모델보다 성능이 좋지 않음을 확인했다. 이 결과는 이미 학습된 ResNet152 모델이 이미지 인식이 아닌 이미지 분류에도 높은 성능을 보임을 나타낸다.
- [0204] 또한, CNN 모델은 Gradient Vanishing 문제 때문에 층을 쌓는 데 한계가 있지만, Residual 기법을 적용한 ResNet152 모델은 이러한 문제 없이 152개 층을 사용하는 데에서 이점을 얻는다고 판단된다.
- [0205] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 인공지능을 이용한 치석 인식 시스템 및 방법은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 통하여 치석의 유무뿐만 아니라 치열, 치아 색깔, 연령, 질병 여부 등을 치아 건강 판단 기준으로 고려하여 다양한 치아 데이터의 확보 및 학습이 가능하도록 한 것이다.
- [0206] 본 발명은 치아 인식 모델 및 치아 건강 판단 모델을 구축하여 치아 이미지가 아닌 실시간 영상에서 치아를 인식하여 실시간 점수를 반환하여 치아의 질병을 정확하게 판단하고, 활용성을 높일 수 있도록 한 것이다.
- [0207] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0208] 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

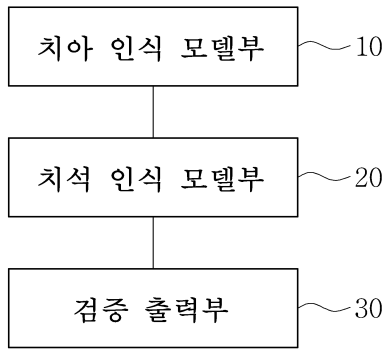
- [0209] 10. 치아 인식 모델부
20. 치석 인식 모델부
30. 검증 출력부

도면

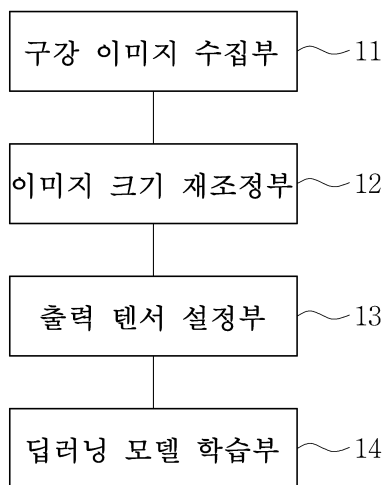
도면1



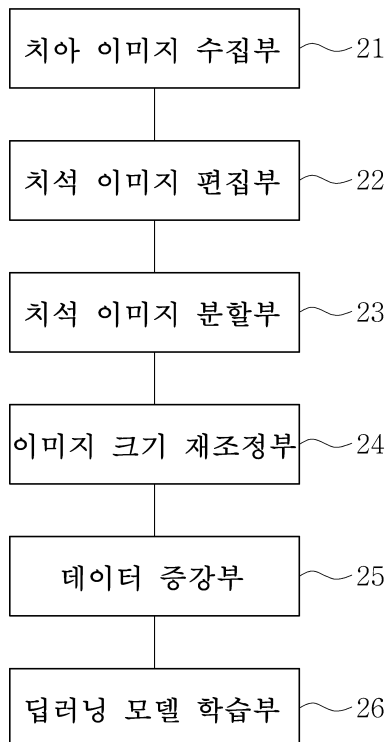
도면2



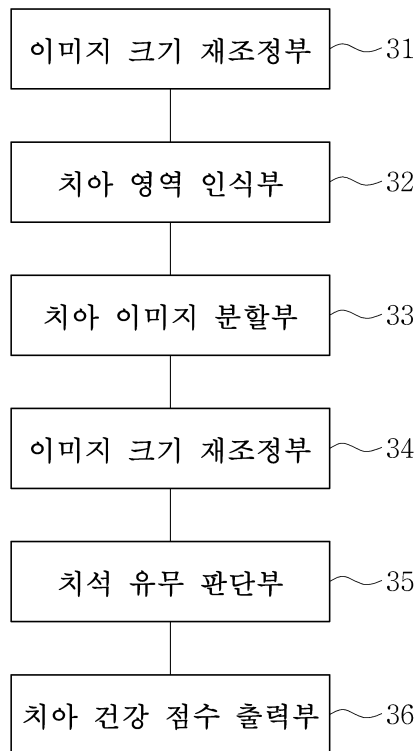
도면3



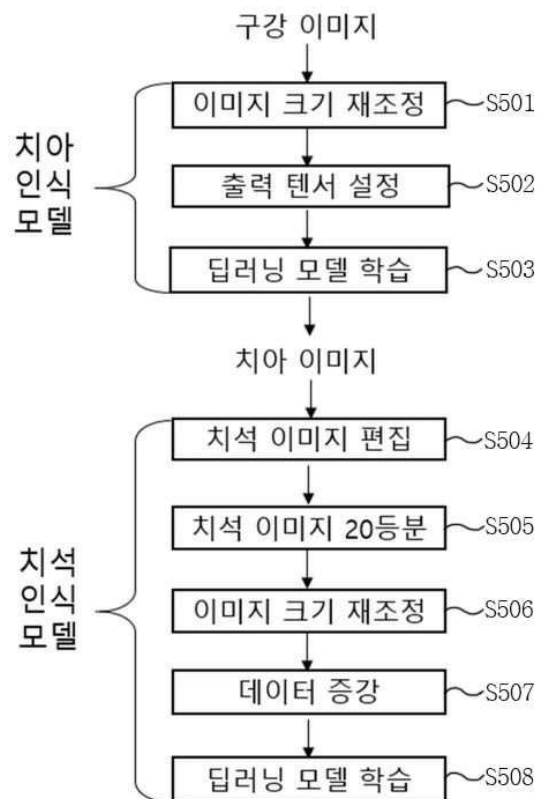
도면4



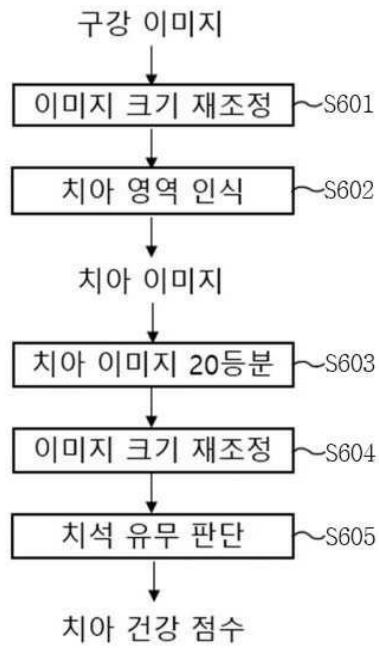
도면5



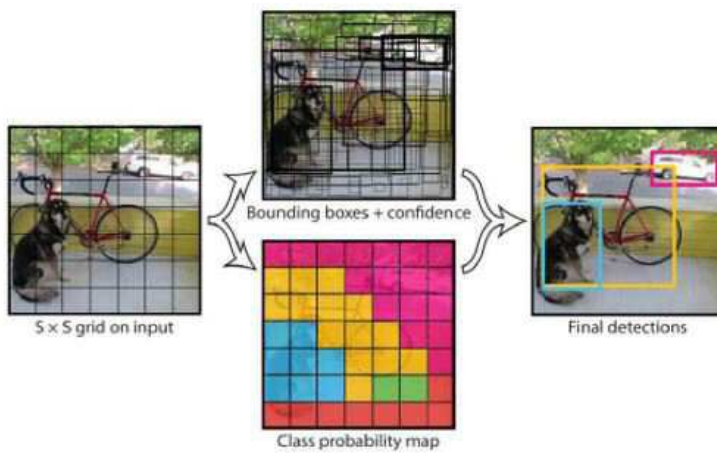
도면6



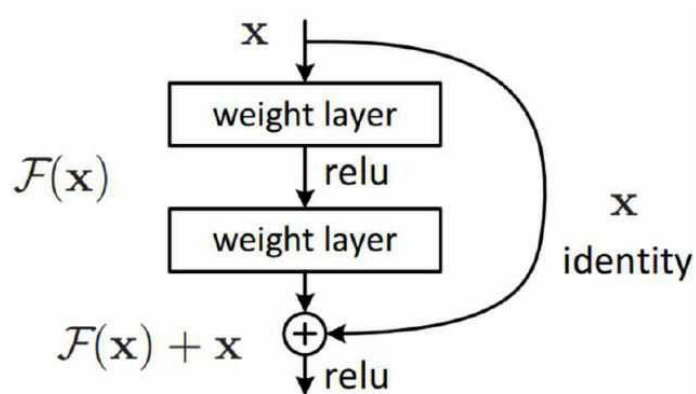
도면7



도면8a



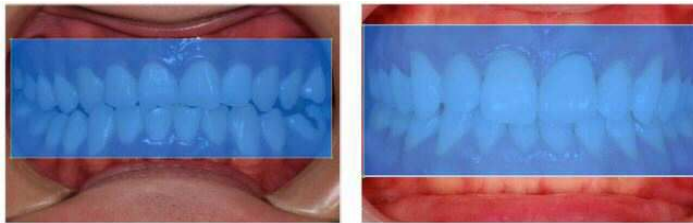
도면8b



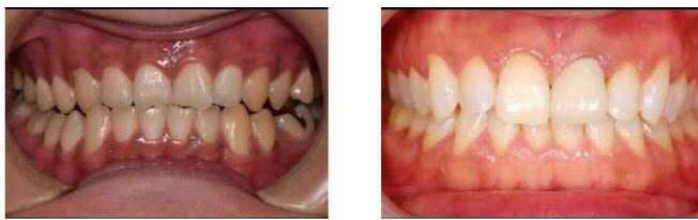
도면9



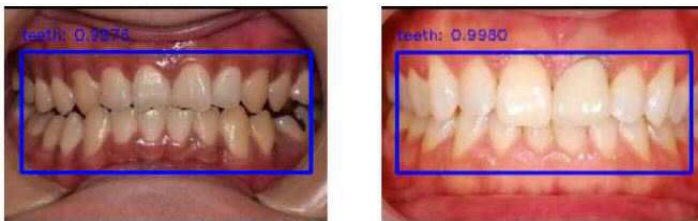
도면10



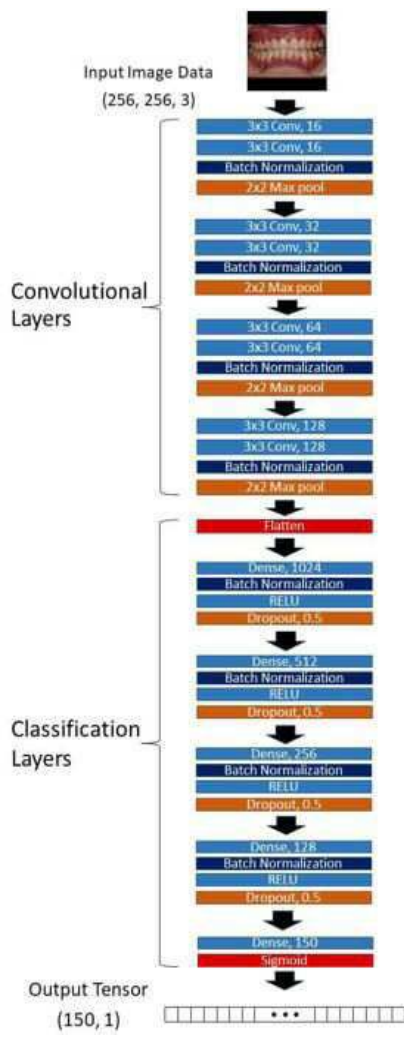
도면11



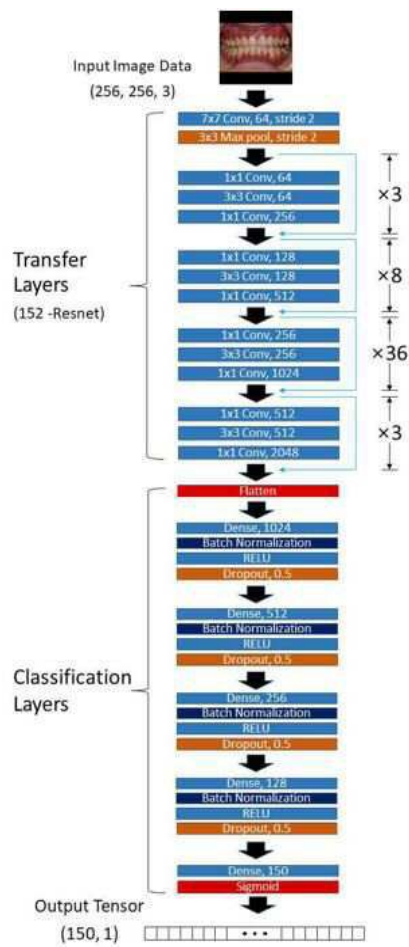
도면12



도면13



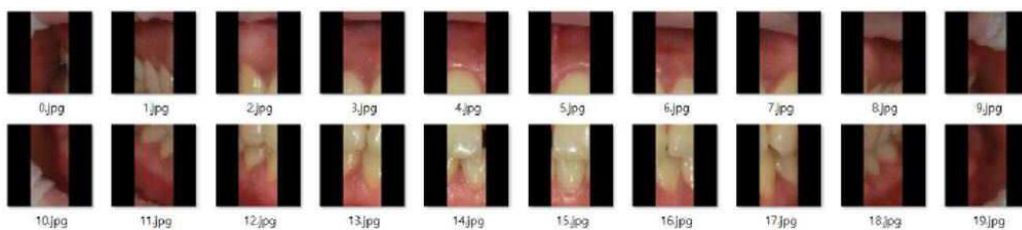
도면14



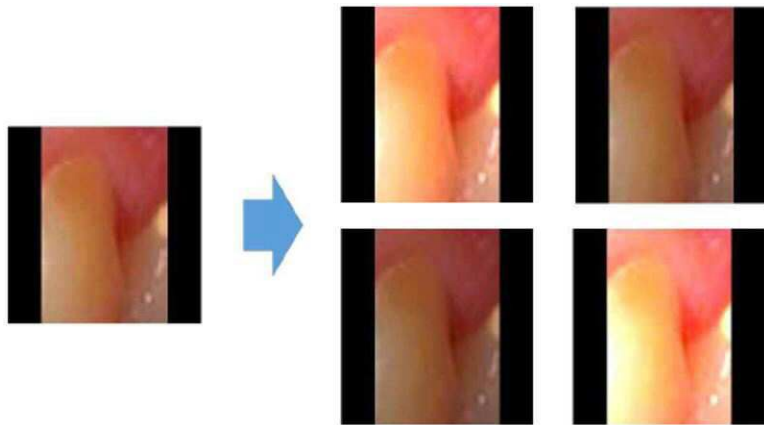
도면15



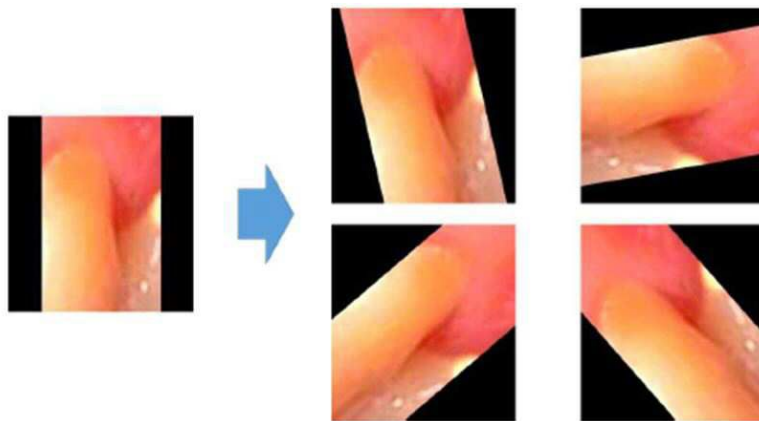
도면16



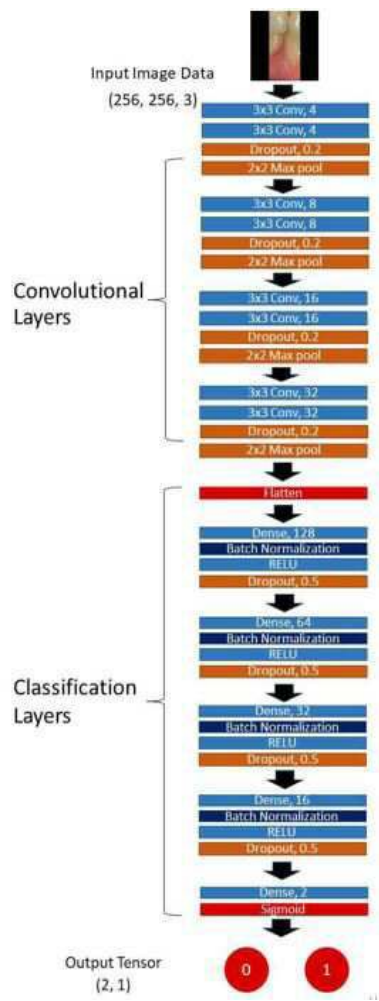
도면17



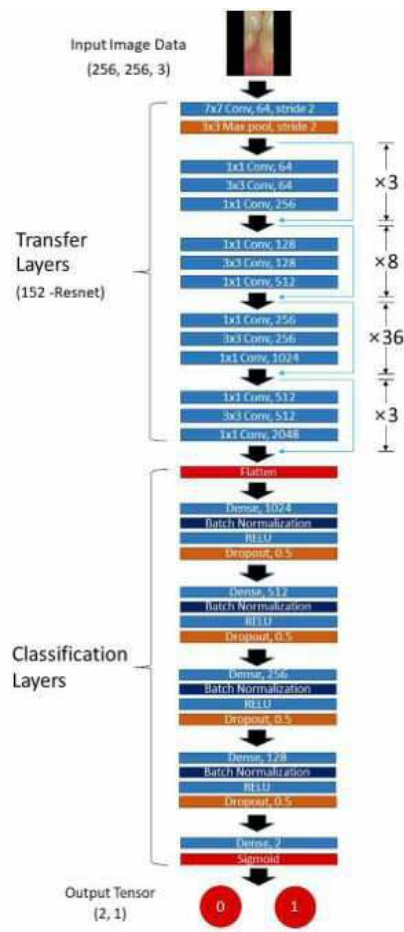
도면18



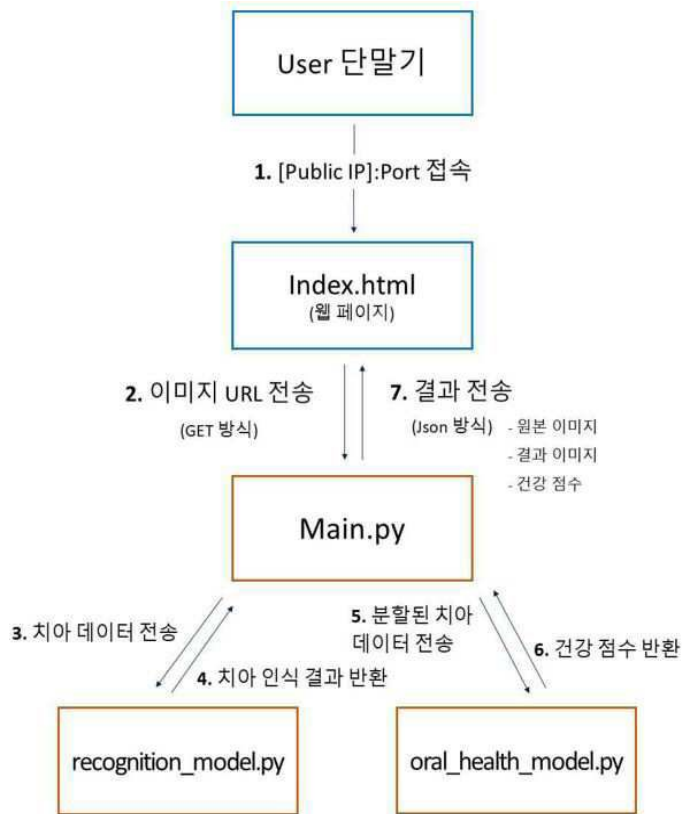
도면19



도면20

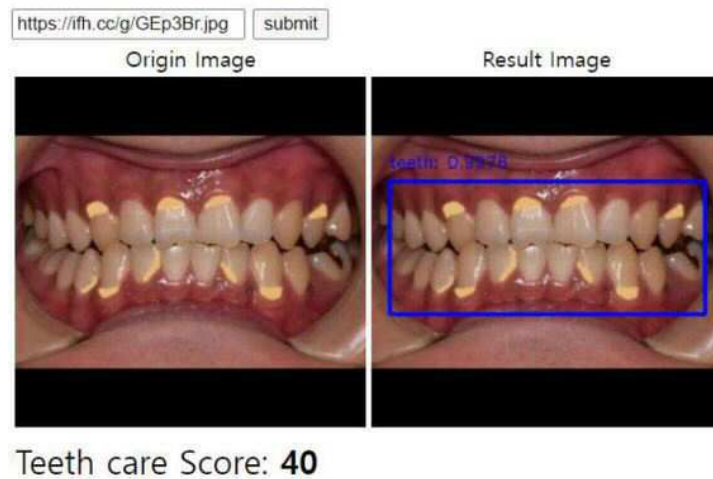


도면21

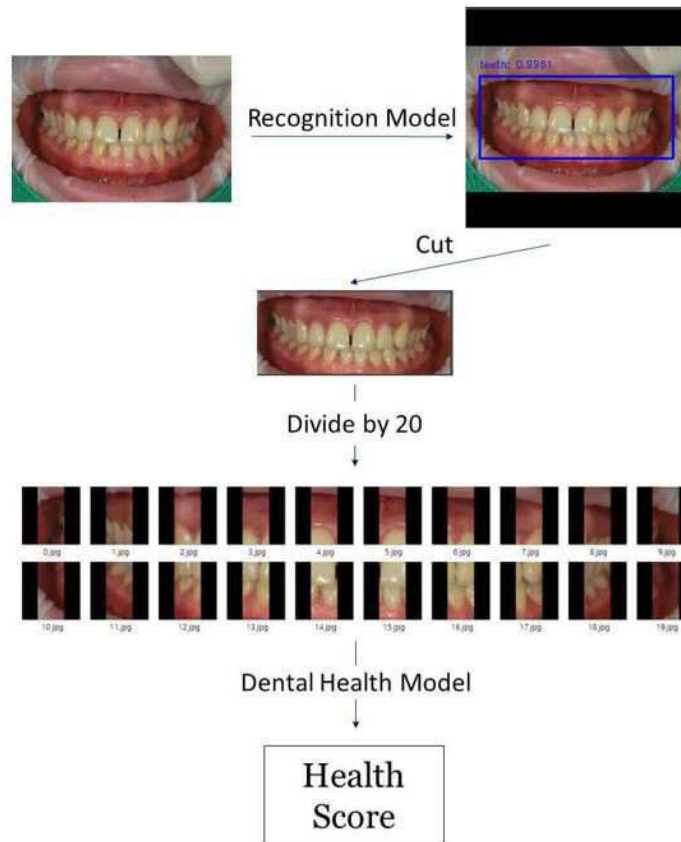


도면22

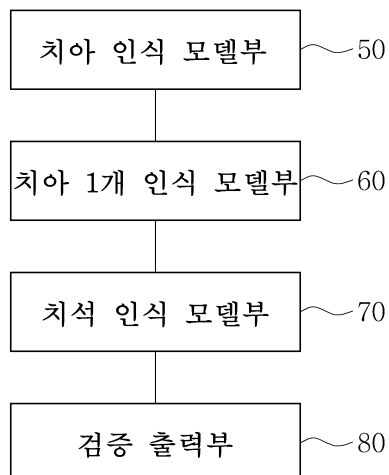
치아 건강을 측정할 사진의 URL을 입력해주세요



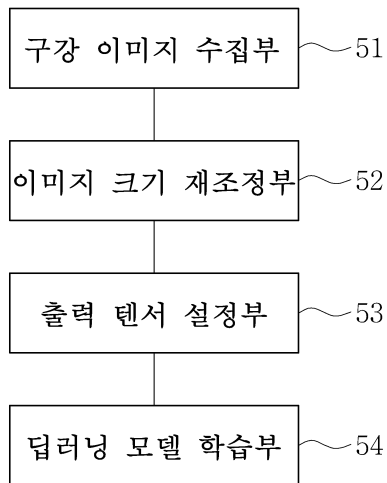
도면23



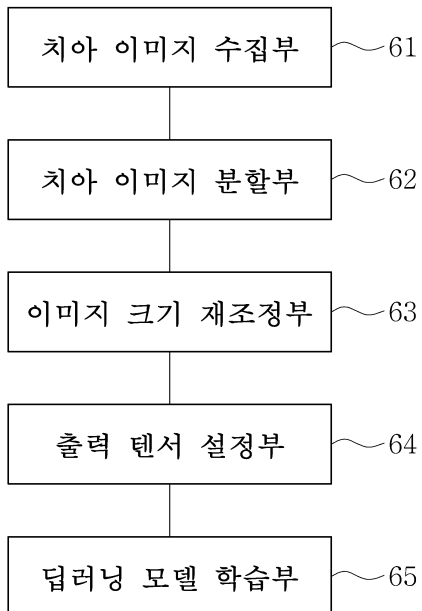
도면24



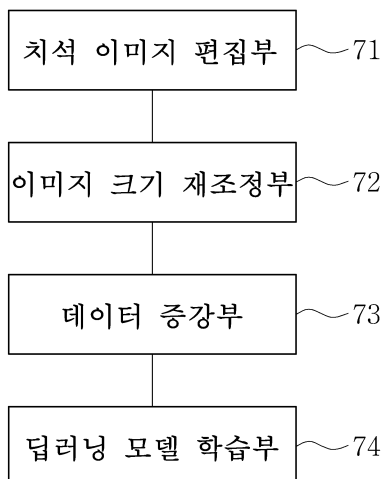
도면25



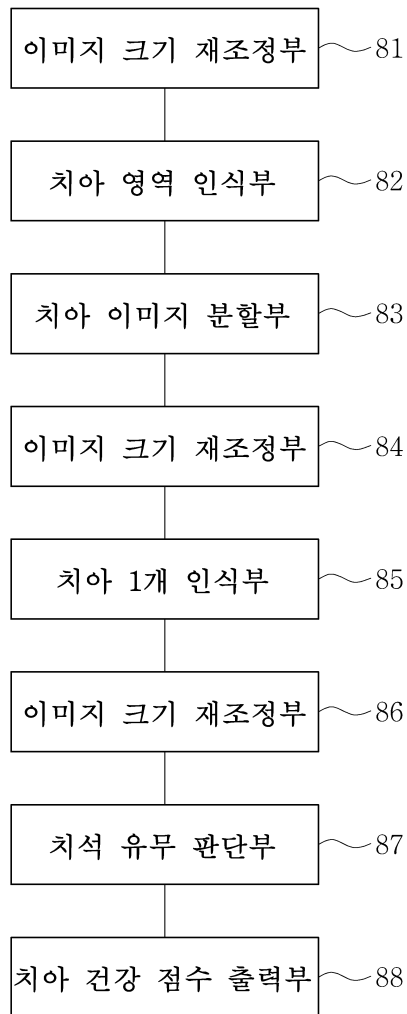
도면26



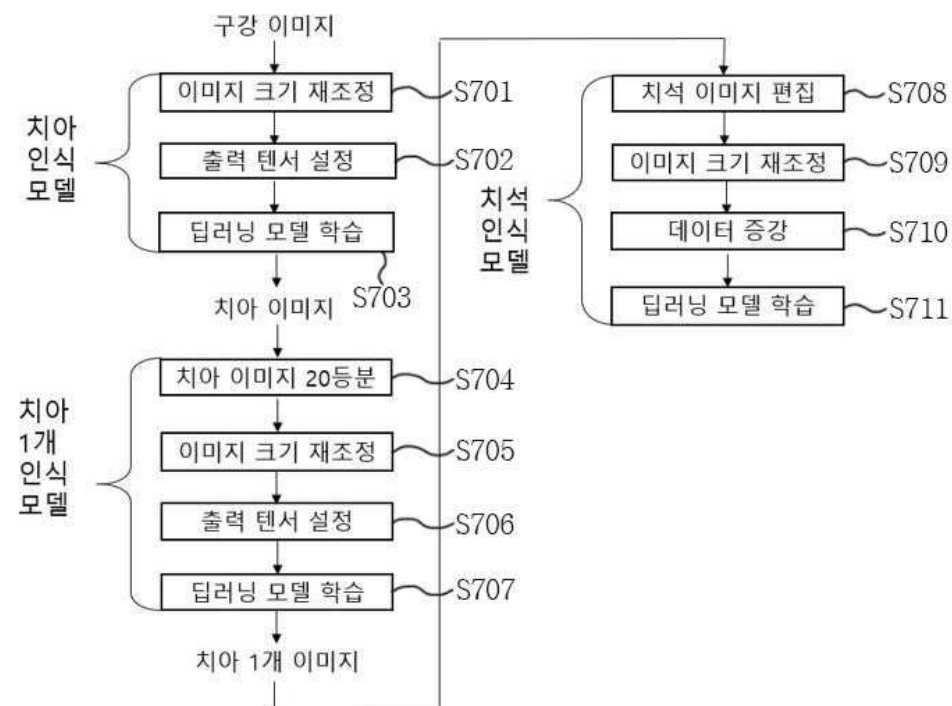
도면27



도면28



도면29



도면30

