



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월05일
(11) 등록번호 10-2309052
(24) 등록일자 2021년09월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/00 (2021.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/7275 (2013.01)

A61B 5/0088 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0009382(분할)

(22) 출원일자 2021년01월22일

심사청구일자 2021년01월22일

(65) 공개번호 10-2021-0011050

(43) 공개일자 2021년01월29일

(62) 원출원 특허 10-2018-0090026

원출원일자 2018년08월01일

심사청구일자 2018년08월01일

(56) 선행기술조사문헌

JP11510419 A*

KR1020170098386 A*

WO2017093563 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박정원

서울특별시 강남구 언주로 211 (도곡동)

이신애

서울특별시 강남구 언주로 211 (도곡동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 14 항

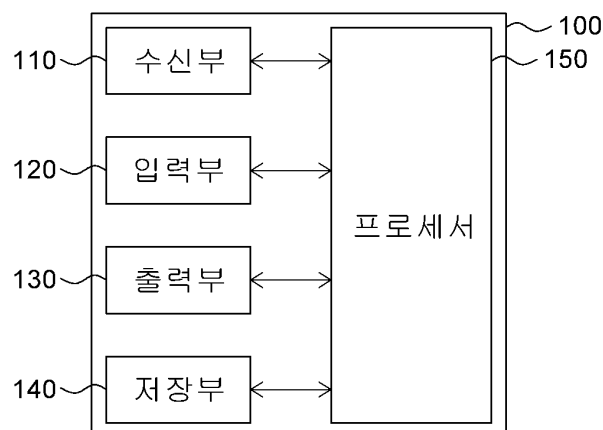
심사관 : 유창용

(54) 발명의 명칭 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스

(57) 요약

본 발명은, 피검자에 대하여 치아 의료 영상을 수신하는 단계, 치아 의료 영상을 기초로 치아 우식 영역 발병 여부를 예측하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 피검자에 대한 치아 우식 영역 발병 여부를 예측하는 단계, 및 예측 결과를 제공하는 단계를 포함하는, 치아 우식 영역 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/7264 (2013.01)

(72) 발명자

정재현

서울특별시 강남구 언주로 211 (도곡동)

금지수

경기도 용인시 기흥구 고매로43번길 32-2, 102동
302호(공세동, 불곡마을벽산블루밍)

조준익

경기도 구리시 수택천로 60, 102동 1603호(수택동)

오상일

인천광역시 계양구 형제봉길 100, 104동 1203호 (굴현동, 계양센트레빌 1단지)

명세서

청구범위

청구항 1

수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법으로서,

상기 수신부를 통해, 피검자에 대한 치아 의료 영상을 수신하는 단계;

상기 프로세서를 통해, 치아 의료 영상을 입력으로 하여 우식 영역을 확률적으로 출력하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하는 단계;

치아 의료 영상을 입력으로 하여 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 출력하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계, 및

예측된 상기 우식 의심 영역 및 상기 복수개의 치아 구조에 대한 영역이 각각 표시된 영상을 제공하는 단계를 포함하고,

상기 복수개의 치아 구조 영역은,

법랑질 (enamel), 상아질 (dentin) 및 치수 (pulp) 중 적어도 하나의 영역, 및 잇몸 (gingiva) 및 치간 공간 (interdental spacing) 중 적어도 하나의 영역이고,

상기 우식 의심 영역을 예측하는 단계는,

상기 예측 모델을 이용하여, 상기 우식 의심 영역이 갖는 복수의 픽셀 각각에 대하여 우식 확률을 결정하는 단계;

상기 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하는 단계, 및

상기 평균 우식 확률이 미리 결정된 수준 미만인 우식 의심 영역을, 상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 더 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계는,

상기 우식 의심 영역에 대한 상기 평균 우식 확률이 0.55 미만인 경우,

상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제공하는 단계는,

상기 복수개의 치아 구조에 대한 영역에 상기 우식 의심 영역을 대응하도록 오버랩 (overlap) 하는 단계, 및

오버랩된 결과를 기초로, 상기 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 상기 우식 의심 영역의 위치를 제공하는 단계를 더 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 우식 의심 영역이 상기 잇몸 및 치간 공간 중 적어도 하나의 영역과 오버랩 되는 경우, 상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 더 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 치아 구조 분석 모델은,

상기 치아 의료 영상 내에서,

메탈 수복 (metal restoration), 수복 (restoration) 및 거타퍼차 (guttapercha)에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 치아 치료 영역을 예측하도록 더 구성되고,

상기 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계는,

상기 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 치아 치료 영역을 예측하는 단계를 더 포함하고,

상기 제공하는 단계는,

상기 치아 치료 영역을 기초로, 상기 피검자에 대한 치아 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 제공하는 단계를 더 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수신하는 단계 이후에,

수신된 상기 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하는 단계를 더 포함하고,

상기 우식 의심 영역을 예측하는 단계는,

상기 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 밝기가 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하는 단계를 더 포함하고,

상기 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계는,

상기 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 밝기가 보정된 치아 의료 영상에 대하여 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계를 더 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 보정하는 단계는,

복수의 감마 값을 갖는 복수개의 보정된 치아 의료 영상을 획득하도록, 수신된 상기 치아 의료 영상을 복수 회 보정하는 단계를 포함하는, 수신부 및 프로세서에 의해 구현되는 치아 우식 영역 예측 방법.

청구항 9

피검자에 대한 치아 의료 영상을 수신하도록 구성된 수신부, 및

프로세서를 포함하는 치아 우식 영역 예측 디바이스로서,

상기 프로세서는, 치아 의료 영상을 입력으로 하여 우식 영역을 확률적으로 출력하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하고,

치아 의료 영상을 입력으로 하여 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 출력하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하고,

예측된 상기 우식 의심 영역 및 상기 복수개의 치아 구조에 대한 영역이 각각 표시된 영상을 제공하도록 구성되고,

상기 복수개의 치아 구조 영역은,

법랑질 (enamel), 상아질 (dentin) 및 치수 (pulp) 중 적어도 하나의 영역, 및 잇몸 (gingiva) 및 치간 공간 (interdental spacing) 중 적어도 하나의 영역이고,

상기 프로세서는,

상기 예측 모델을 이용하여, 상기 우식 의심 영역이 갖는 복수의 픽셀 각각에 대하여 우식 확률을 결정하고,

상기 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고,

상기 평균 우식 확률이 미리 결정된 수준 미만인 우식 의심 영역을, 상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 더 구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 10

삭제

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 우식 의심 영역에 대한 상기 평균 우식 확률이 0.55 미만인 경우,

상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 더 구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 복수개의 치아 구조에 대한 영역에 상기 우식 의심 영역을 대응하도록 오버랩 (overlap) 하고,

오버랩된 결과를 기초로, 상기 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 상기 우식 의심 영역의 위치를 제공하도록 더 구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 우식 의심 영역이 상기 잇몸 및 치간 공간 중 적어도 하나의 영역과 오버랩 되는 경우, 상기 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 치아 구조 분석 모델은,

상기 치아 의료 영상 내에서,

메탈 수복 (metal restoration), 수복 (restoration) 및 거타퍼차 (guttapercha)에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 치아 치료 영역을 예측하도록 더 구성되고,

상기 프로세서는,

상기 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 상기 치아 의료 영상 내에서 치아 치료 영역을 예측하고,

상기 치아 치료 영역을 기초로, 상기 피검자에 대한 치아 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 제공하도록 더

구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 프로세서는,

수신된 상기 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하고,

상기 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 밝기가 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하고,

상기 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 밝기가 보정된 치아 의료 영상에 대하여 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계를 더 포함하는, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 프로세서는,

복수의 감마 값을 갖는 복수개의 보정된 치아 의료 영상을 획득하도록, 수신된 상기 치아 의료 영상을 복수 회 보정하도록 더 구성된, 치아 우식 영역 예측 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 치아 우식 영역의 예측 디바이스에 관한 것으로, 보다 구체적으로 피검자의 치아 의료 영상을 기초로 치아 우식증의 발병 여부를 예측하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 치아 우식 영역의 예측 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 치아 우식증은 구강 내에 상주하는 세균의 대사 작용에 의하여 치아에 부착된 음식물의 당분이나 전분 등의 탄수화물이 분해되어 생기는 젖산 등 유기산에 의해 치아 경조직이 탈회되는 질병을 의미하며, 흔히 충치를 일컫는다.

[0003] 이를 방지하게 되면 치수염을 일으켜 심한 통증을 느끼게 되고, 이로 인해서 치아를 상실할 수도 있다. 따라서, 치아 우식증의 예방을 위해서는 치아 우식증의 위험 요인을 조기에 발견하고 적절한 예방적 처치를 통해 치아 우식증의 진행을 방지하는 것이 중요하다.

[0004] 한편, 치아 우식증의 진단과 관련하여, 치아에 대한 의료 영상, 예를 들어 X-레이 영상이 활용될 수 있다. 보다 구체적으로, 치아 X-레이 영상을 육안으로 검사하여 치아의 우식증으로 예상되는 영역을 식별함으로써 치아 우식증을 발견하고 이를 효과적으로 치료하는 것이 가능할 수 있다.

[0005] 그러나, 육안에 의한 치아 의료 영상에 기초한 진단은 한계를 갖는다. 예를 들어, 우식의 크기가 작거나 치아 사이에 우식이 존재하거나 주의 깊게 보지 않는 경우, 혹은 치태나 타액에 덮여 있는 경우 육안으로 식별이 어려울 수 있다. 나아가, 치과 의료 영상은 촬영 장치의 성능에 따라 영상의 질이 다양하게 나타날 수 있어 술자가 조절하는 것에 따라 진단에 차이가 생길 수 있다. 따라서 방사선을 이용한 치아 우식증 진단 방법은, 모니터 상에서 치아 의료 영상의 밝기를 조절하면서 우식을 진단해야 하는 번거로움이 수반된다. 상기 문제를 해결하기 위해 치아 의료 영상에서 치아의 우식증으로 예상되는 영역을 검출하는 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0006] 한편, 인공지능을 활용한 치아 X-레이 영상의 분할 방법에 따르면, 치아 X-레이 영상을 기초로 치아 우식 영역과 치아 구조 영역을 포함하는 7 개의 영역으로 분할할 수 있으나, 치아 사이 공간 또는, 잇몸에 대한 영역을 고려하지 않음에 따라, 정확한 치아 우식 영역의 예측이 어려울 수 있다. 나아가, 이러한 영상 분할 방법은 치아 우식 영역과 치아 구조 영역의 분할이 동시에 수행됨에 따라, 우식이 실제 일어난 병소의 정확한 위치, 나아가 이의 침범 깊이를 파악하기 어렵다. 특히, 우식의 침범 깊이에 따라 수행되는 치료법이 상이할 수 있어, 이러한 영상 분할 방법에 의해 치아 우식 영역이 제공되더라도, 정확한 치료 선택이 어려울 수 있다는 문제점이

있다. 나아가, 입력되는 치아 의료 영상의 밝기에 따라 상이한 검출 수준을 보일 수 있다 (O Ronneberger, et al., *Dental X-ray Image Segmentation using a U-shaped Deep Convolutional Network*, ISBI (2015)).

[0007] 이에, 치아 의료 영상에 기초한 치아 우식증의 정확한 진단 방법의 개발은 여전히 해결해야 할 과제로 남아있는 실정이다.

[0008] 발명의 배경이 되는 기술은 본 발명에 대한 이해를 보다 용이하게 하기 위해 작성되었다. 발명의 배경이 되는 기술에 기재된 사항들이 선행기술로 존재한다고 인정하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 한편, 본 발명의 발명자들은, 종래의 영상 분할 방법에 따른 치아 우식증의 진단과 관련하여, 우식 영역의 예측과 치아 구조 영역의 예측이 동시에 수행된다는 점, 잇몸 (뼈) 영역과 치간 영역을 고려하지 않는다는 점에 대하여 주목하였다.

[0010] 보다 구체적으로, 본 발명의 발명자들은 이상의 요소들에 의해 치아 우식증의 진단의 정확도가 낮아질 수 있음을 인지할 수 있었고, 진단의 정확도를 높일 수 있는 새로운 방법의 개발을 위해 지속적으로 연구하였다.

[0011] 그 결과, 본 발명의 발명자들은, 치아 의료 영상의 데이터를 기초로 치아 우식 영역을 확률적으로 예측하도록 구성된 예측 모델을 이용하는 것과 예측된 결과의 검증 단계를 통해 치아 우식 영역 진단의 정확도를 높일 수 있음을 발견할 수 있었다.

[0012] 보다 구체적으로, 본 발명의 발명자들은, 예측 모델을 이용하여 치아 의료 영상 내에서 치아 우식 영역을 예측하고, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 기초로 우식 영역을 최종 결정함으로써, 치아 우식증 발병 여부를 정확하게 진단할 수 있음을 인식할 수 있었다.

[0013] 나아가, 본 발명의 발명자들은, 치아 의료 영상에 따라 우식이 잘 보이는 밝기가 다를 수 있음에 주목하였고, 다양한 밝기로 감마가 교정된 치아 의료 영상을 이용했을 때 치아 우식 영역의 검출률이 향상될 수 있음을 인식할 수 있었다.

[0014] 그 결과, 본 발명의 발명자들은, 예측의 정확도 및 검출률이 향상된 새로운 치아 우식증 진단 시스템을 개발하기에 이르렀다.

[0015] 나아가, 본 발명의 발명자들은, 우식 영역의 예측에 있어서, 치아 의료 영상 내에서 치아 사이 공간, 잇몸 등을 포함하는 복수개의 치아의 구조에 대한 영역을 분할하도록 구성된 예측 모델을 이용함으로써, 우식이 일어난 병소에 대한 정확한 위치 및 이의 침범 깊이에 대한 정보를 제공할 수 있음을 인지할 수 있었다.

[0016] 이에, 본 발명의 발명자들은, 치아 의료 영상에 대하여 우식 의심 영역의 예측 및 치아 구조 분석을 각각 수행하도록 구성된 두 개의 상이한 예측 모델을 이용하고, 두 개의 모델 각각에서 분석된 결과를 결합하여 제공하도록 구성된 치아 우식증 진단 시스템을 개발할 수 있었다.

[0017] 이때, 본 발명의 발명자들은, 우식이 일어날 수 없는 치아의 구조, 예를 들어 치아 사이 공간, 또는 잇몸과 같은 영역과 예측된 우식 의심 영역이 오버랩 (overlap) 된 경우 이를 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 구성함으로써, 예측 성능의 향상을 기대할 수 있었다.

[0018] 나아가, 본 발명의 발명자들은, 이상의 치아 우식증 진단 시스템을 통해 치아 우식증에 대한 치료가 보다 용이하게 수행될 수 있도록, 우식이 일어난 위치와 우식의 침범 정도에 대하여 구체적인 정보를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한, 본 발명의 발명자들은 이러한 정보들이 개인 맞춤형 우식증 치료의 판단에 기준이 될 수 있음에 주목하였고, 이러한 진단 시스템이 종래의 기술들이 갖는 문제점을 해결할 수 있음을 인식할 수 있었다.

[0019] 한편, 본 발명의 발명자들은, 치아 구조 분석 예측 모델이 치아 구조에 대한 영역뿐만 아니라, 치아 의료 영상 내에서 메탈 수복 및 레진 수복 영역 또는, 신경치료를 위해 거타퍼차 (gutta-percha) 와 같은 치과용 재료가 충전된 영역과 같은 치료가 수행된 영역을 더 예측하도록 구성하였다. 그 결과, 본 발명의 발명자들은, 치아 우식증과 연관된 정보와 함께 피검자에 대한 과거의 치아 치료 여부 또는 수행된 치료의 종류에 대한 정보를 더 제공할 수 있는 진단 시스템을 개발할 수 있었다.

- [0020] 이에, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 수신된 치아 의료 영상을 기초로 치아 우식 의심 영역을 예측하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 치아 우식 영역을 예측하고, 산출된 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 결정하여 제공하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법을 제공하는 것이다.
- [0021] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 수신된 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하고, 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 밝기가 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법을 제공하는 것이다.
- [0022] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 치아 의료 영상을 기초로 치아 구조를 복수개의 영역으로 분할하도록 구성한 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하고, 미리 예측된 치아 우식 의심 영역과 함께 제공하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법을 제공하는 것이다.
- [0023] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 복수개의 치아 구조에 대한 영역에 대하여, 예측된 우식 의심 영역을 대응하도록 오버랩하고, 오버랩된 결과를 기초로 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 우식 의심 영역의 위치를 제공하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법을 제공하는 것이다.
- [0024] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 치아 의료 영상을 기초로 치아 치료 영역을 예측하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 치아 치료 영역을 예측하고, 피검자에 대한 치아 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 제공하도록 구성된, 치아 우식 영역의 예측 방법을 제공하는 것이다.
- [0025] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 치아 의료 영상을 수신하도록 구성된 수신부와 수신된 치아 의료 영상을 기초로 우식 의심 영역을 예측하도록 구성된 프로세서를 포함하는, 치아 우식 영역 예측용 디바이스를 제공하는 것이다.
- [0026] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0027] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법이 제공된다. 본 방법은, 피검자에 대한 치아 의료 영상을 수신하는 단계, 치아 의료 영상을 기초로 우식 영역을 확률적으로 예측하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하는 단계, 우식 의심 영역에 대한 우식 확률을 산출하는 단계, 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 결정하는 단계, 및 결정된 우식 의심 영역이 표시된 영상을 제공하는 단계를 포함한다.
- [0028] 본 발명의 특징에 따르면, 우식 의심 영역을 예측하는 단계는 우식 의심 영역이 갖는 복수의 픽셀 각각에 대하여 우식 확률을 산출하는 단계, 및 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 예측하는 단계를 포함할 수 있다. 나아가, 우식 의심 영역에 대한 우식 확률을 산출하는 단계는, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하는 단계를 포함하고, 우식 의심 영역을 결정하는 단계는 평균 우식 확률이 미리 결정된 수준 미만인 우식 의심 영역을, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 우식 의심 영역은 픽셀 단위의 우식 확률이 0.55 이상이면 의심 후보 영역으로 결정하고, 이 의심 영역의 평균 우식 확률이 0.55 미만인 경우, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법은, 치아 의료 영상을 기초로 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계, 및 예측된 우식 의심 영역 및 복수개의 치아 구조에 대한 영역이 각각 표시된 영상을 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 제공하는 단계는 복수개의 치아 구조에 대한 영역에 우식 의심 영역을 대응하도록 오버랩(overlap) 하는 단계, 및 오버랩된 결과를 기초로, 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 우식 의심 영역의 위치를 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 치아 구조 분석 모델은, 치아 의료 영상 내에서 법랑질(enamel), 상아질(dentin) 및 치수(pulp) 중 적어도 하나 및, 잇몸(gingiva) 또는 치아 사이 공간(interdental spacing)에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 복수개의 치아 구조 영역을 예측하도록 구성된 모델일 수 있다.

- [0033] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법은, 예측된 우식 의심 영역이 잇몸 또는 치아 사이 공간에 대한 영역과 오버랩 되는 경우, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 치아 구조 분석 모델은 치아 의료 영상 내에서, 메탈 수복 (metal restoration), 수복 (restoration) 및 거타퍼차 (gutta-percha) 에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 치아 치료 영역을 예측하도록 더 구성될 수 있다. 나아가, 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하는 단계는 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 치아 치료 영역을 예측하는 단계를 더 포함할 수 있고, 제공하는 단계는 치아 치료 영역을 기초로, 피검자에 대한 치아 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법은, 수신된 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 나아가, 우식 의심 영역을 예측하는 단계는, 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 밝기가 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 보정하는 단계는 복수의 감마 값을 갖는 복수개의 보정된 치아 의료 영상을 획득하도록, 수신된 치아 의료 영상을 복수 회 보정하는 단계를 포함할 수 있다. 나아가, 우식 의심 영역을 예측하는 단계는, 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 복수개의 보정된 치아 의료 영상 각각에 대하여 우식 의심 영역을 예측하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0037] 전술한 바와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 디바이스가 제공된다. 본 디바이스는, 피검자에 대한 치아 의료 영상을 수신하도록 구성된 수신부, 및 수신부와 동작 가능하게 연결된 프로세서를 포함한다. 이때, 프로세서는 치아 의료 영상을 기초로 우식 영역을 확률적으로 예측하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하고, 우식 의심 영역에 대한 우식 확률을 산출하고, 우식 확률을 기초로, 우식 의심 영역을 결정하도록 구성된다.
- [0038] 본 발명의 특징에 따르면, 프로세서는 우식 확률이 미리 결정된 수준 미만인 우식 의심 영역을, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 더 구성될 수 있다.
- [0039] 본 발명의 다른 특징에 따르면, 프로세서는 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률이 0.55 미만인 경우, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 더 구성될 수 있다.
- [0040] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 프로세서는 치아 의료 영상을 기초로 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 복수개의 치아 구조에 대한 영역을 각각 예측하고, 예측된 우식 의심 영역 및 복수개의 치아 구조에 대한 영역이 각각 표시된 영상을 제공하도록 더 구성될 수 있다.
- [0041] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 프로세서는 복수개의 치아 구조에 대한 영역에 우식 의심 영역을 대응하도록 오버랩 (overlap) 하고, 오버랩된 결과를 기초로, 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 우식 의심 영역의 위치를 제공하도록 더 구성될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 치아 구조 분석 모델은, 치아 의료 영상 내에서 법랑질 (enamel), 상아질 (dentin) 및 치수 (pulp) 중 적어도 하나 및, 잇몸 (gingiva) 또는 치아 사이 공간 (interdental spacing) 에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 복수개의 치아 구조 영역을 예측하도록 구성된 모델일 수 있다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 프로세서는 예측된 우식 의심 영역이 잇몸 또는 치아 사이 공간에 대한 영역과 오버랩 되는 경우, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 더 구성될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 치아 구조 분석 모델은 치아 의료 영상 내에서, 메탈 수복, 수복 및 거타퍼차에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 치아 치료 영역을 예측하도록 더 구성될 수 있다. 나아가, 프로세서는 치아 구조 분석 모델을 이용하여, 치아 의료 영상 내에서 치아 치료 영역을 예측하고, 치아 치료 영역을 기초로 피검자에 대한 치아 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 제공하도록 더 구성될 수 있다.
- [0045] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 프로세서는, 수신된 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하고, 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 밝기가 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하도록 더 구성될 수 있다.
- [0046] 본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 프로세서는, 복수의 감마 값을 갖는 복수개의 보정된 치아 의료 영상을 획득

하도록, 수신된 치아 의료 영상을 복수 회 보정하고, 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 복수개의 보정된 치아 의료 영상 각각에 대하여 우식 의심 영역을 예측하도록 더 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0047] 본 발명은, 치아 의료 영상의 데이터를 기초로 치아 우식 영역을 확률적으로 예측하도록 구성된 예측 모델을 이용하고, 예측된 결과를 검증하여 치아 우식 의심 영역을 결정하도록 구성된 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스를 제공함으로써, 치아 우식 영역 진단의 정확도를 높일 수 있다.
- [0048] 보다 구체적으로 본 발명은, 우식이 잘 보이는 밝기를 고려하여 수신된 치아 의료 영상에 대하여 다양한 감마 값을 갖도록 보정하고, 예측 모델을 이용하여 보정된 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하도록 구성됨에 따라, 향상된 우식 검출률을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0049] 나아가, 본 발명은, 치아 의료 영상에 대하여 치아의 우식 의심 영역과 치아 구조의 영역을 각각 예측하도록 구성된 두 개의 예측 모델을 이용한 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스를 제공함으로써, 우식이 일어난 병소에 대한 정확한 위치 및 이의 침범 깊이에 대한 정보를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0050] 이에, 본 발명은, 의료인이 피검자 각각에 대한 상태에 따라 효과적인 치아 우식증 치료법을 선택할 수 있도록 하는 것에 기인할 수 있으며, 개인 맞춤형 우식증 치료의 판단에 기준이 될 수 있는 정보를 제공할 수 있다.
- [0051] 또한, 본 발명은, 두 개의 예측 모델에 의한 예측 결과를 기초로 우식이 일어날 수 없는 치아의 구조, 예를 들어 치아 사이 공간, 또는 잇몸과 같은 영역과 예측된 우식 의심 영역이 오버랩된 경우 이를 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 구성됨에 따라, 예측 성능이 향상된 분석 결과를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0052] 본 발명은, 치아 의료 영상 내에서 메탈 수복 및 레진 수복 영역 또는, 신경치료를 위해 거타파자와 치과용 재료가 충전된 영역과 같은, 치아 치료가 수행된 영역을 예측하여 제공하도록 구성됨에 따라, 치아 우식증의 진단과 연관된 정보와 함께 피검자에 대한 과거의 치아 치료 여부 또는 수행된 치료의 종류에 대한 정보를 더 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 디바이스의 구성을 도시한 것이다.
- 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법의 절차를 도시한 것이다.
- 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법에 의한 치아 의료 영상에 대한 치아 우식 영역의 예측의 절차를 예시적으로 도시한 것이다.
- 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법에서, 치아 의료 영상에 대한 보정 방법을 예시적으로 도시한 것이다.
- 도 3a 및 3b는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 대한 학습용 치아 의료 영상 데이터를 도시한 것이다.
- 도 4a는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델의 평가 기준을 예시적으로 도시한 것이다.
- 도 4b는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델에 대한 우식 확률의 임계적 수준에 따른 성능 변화를 도시한 것이다.
- 도 4c 내지 4e는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 대한 예측 평가 결과를 도시한 것이다.
- 도 5a 및 5b는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법들 및 종래의 기술에 따른 치아 우식 영역의 예측에 대한 비교 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0054] 발명의 이점, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야

에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

- [0055] 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 도면에 개시된 형상, 크기, 비율, 각도, 개수 등은 예시적인 것이므로 본 발명이 도시된 사항에 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명은 생략한다. 본 명세서 상에서 언급된 '포함한다', '갖는다', '이루어진다' 등이 사용되는 경우, '~만'이 사용되지 않는 이상 다른 부분이 추가될 수 있다. 구성요소를 단수로 표현한 경우에 특별히 명시적인 기재 사항이 없는 한 복수를 포함하는 경우를 포함한다.
- [0056] 구성요소를 해석함에 있어서, 별도의 명시적 기재가 없더라도 오차 범위를 포함하는 것으로 해석한다.
- [0057] 본 발명의 여러 실시예들의 각각 특징들이 부분적으로 또는 전체적으로 서로 결합 또는 조합 가능하며, 당업자가 충분히 이해할 수 있듯이 기술적으로 다양한 연동 및 구동이 가능하며, 각 실시예들이 서로에 대하여 독립적으로 실시 가능할 수도 있고 연관 관계로 함께 실시 가능할 수도 있다.
- [0058] 본 명세서의 해석의 명확함을 위해, 이하에서는 본 명세서에서 사용되는 용어들을 정의하기로 한다.
- [0059] 본 명세서에서 사용되는 용어, "우식 의심 영역"은 치아 의료 영상 내에서 실제 우식이 발생한 영역, 또는 정상이지만 우식으로 보여지는 영역을 의미할 수 있다. 한편, 크기가 작거나, 관심 영역 이외에 존재하는 우식은, 육안으로 식별이 어려울 수 있다. 나아가, 우식의 침범 깊이에 따라 수행되는 치료의 종류가 상이할 수 있다. 이에, 우식이 발생한 영역을 예측하고, 우식의 침범 깊이, 나아가 우식의 위치에 대한 정보를 제공하는 것은, 치아 우식증의 진단과 개개인의 상태에 맞춘 효과적인 치료법을 선택하는 것에 있어 중요할 수 있다.
- [0060] 본 명세서에서 사용되는 용어, "치아 의료 영상"은 피검자의 치아를 포함하는 모든 영상을 의미할 수 있다. 바람직하게, 치아 의료 영상은 DICOM 파일 형식의 X-레이 영상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 한편, 치아 의료 영상은, 2차원 영상, 3차원 영상, 한 컷의 스틸 영상, 또는 복수개의 컷으로 구성된 동영상일 수 있다.
- [0061] 한편, 치아 우식 영역은, 치아 의료 영상 내에서 정상인 치아 영역에 비하여 극히 일부의 영역으로 존재할 수 있음에 따라, 의료인의 숙련도에 따라 치아 우식증에 대한 진단률이 달라질 수 있다.
- [0062] 치아 의료 영상에 기초한 치아 우식증 진단과 관련하여, 치아 의료 영상 내에서 치아 우식 의심 영역을 예측하도록 학습된 예측 모델이 이용될 수 있다. 한편, 치아 우식 영역과 함께 치아 구조에 대한 영역을 동시에 분할하도록 구성된 종래 기술의 경우, 치아 우식 영역 예측의 정확도가 떨어질 수 있다. 나아가, 이러한 기술에 기초한 치아 우식증의 진단은, 치아 우식이 일어난 병소 위치와 이의 침범 깊이에 대한 정보를 제공하기 어려울 수 있어, 치료 방법의 선택이 용이하지 않을 수 있다.
- [0063] 나아가, 예측 모델에 입력되는 치아 의료 영상은, 영상 촬영 장치의 종류 등의 요인에 따라, 우식 영역이 잘 보이는 밝기가 상이할 수 있다.
- [0064] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하고, 예측된 우식 의심 영역에 대하여 상기 영역이 갖는 픽셀에 각각에 대한 우식 확률을 산출하고, 이를 기초로 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고, 미리 결정된 임계적 수준을 기초로 우식 의심 영역을 결정하도록 구성된 예측 모델이 이용될 수 있다. 나아가, 상이한 감마 값을 갖도록 밝기가 보정된 치아 의료 영상이 이용될 수 있다.
- [0065] 본 명세서에서 사용되는 용어, "우식 의심 영역 예측 모델"은 치아 의료 영상에 대하여 치아 우식이 일어난 것으로 예측된 우식 의심 영역 또는 그 이외의 영역의 2 클래스(class)를 분할하도록 구성된 모델일 수 있다. 예를 들어, 우식 의심 영역 예측 모델은 치아 우식 영역으로 확진된 영역을 포함하는 학습용 치아 의료 영상의 데이터 세트를 이용하여, 치아 의료 영상에 대하여 우식 영역을 확률적으로 예측하고, 분할하도록 학습된 모델일 수 있다. 보다 구체적으로, 우식 의심 영역 예측 모델은, 복수의 픽셀에 대하여 우식 확률을 산출함으로써, 우식 의심 영역을 예측할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0066] 나아가, 우식 의심 영역 예측 모델은, 피검자로부터 촬영된 원본의 치아 의료 영상과 감마 값이 교정됨에 따라 다양한 밝기를 갖는 복수개의 치아 의료 영상을 학습하여, 우식 의심 영역 또는 그 이외의 영역의 2 클래스를 분할하도록 구성된 모델일 수 있다. 예를 들어, 우식 의심 영역 예측 모델은, 원본의 치아 의료 영상 (감마 값 = 1), 0.75 및 1.5의 감마 값을 갖는 2 개의 보정된 치아 의료 영상으로 구성된 의료 영상의 총 3 채널을 입력 받고, 이를 기초로 우식 의심 영역 또는 그 이외의 영역의 2 채널을 출력하도록 구성될 수 있다. 상기 방법에

의해 학습된 우식 의심 영역 예측 모델은, 입력되는 치아 의료 영상의 밝기에 상관 없이 높은 정확도로 우식 영역을 검출할 수 있다.

- [0067] 이때, 우식 의심 영역 예측 모델은, 예측된 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 기초로, 우식 영역을 결정하도록 구성된 모델일 수 있다. 예를 들어, 우식 의심 영역 예측 모델은, 유의미한 영역으로 예측된 영역, 즉 우식 의심 영역에 대하여 이들이 갖는 복수의 픽셀 각각에 대한 우식 확률을 산출하고, 이를 기초로 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고, 미리 결정된 임계적 수준 미만인 우식 의심 영역의 경우, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정하도록 구성된 모델일 수 있다. 이에 따라, 우식 의심 영역 예측의 정확도는 향상될 수 있다.
- [0068] 한편, 본 발명의 다양한 실시예에 따른 치아 우식 영역 예측 방법에서는, 수신된 치아 의료 영상에 대하여 복수의 치아 구조에 따른 영역을 예측하도록 구성된, 치아 구조 분석 모델이 더 이용될 수 있다.
- [0069] 본 명세서에서 사용되는 용어, "치아 구조 분석 모델"은 치아 의료 영상을 기초로, 법랑질, 상아질, 치수, 잇몸 및 치아 사이 공간 중 적어도 하나의 치아 구조 영역을 분할하도록 학습된 모델일 수 있다. 바람직하게, 치아 구조 분석 모델은, 법랑질, 상아질 및 치수 중 적어도 하나의 영역과 잇몸 또는 치아 사이 공간에 대한 영역을 예측하도록 구성된 모델일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0070] 한편, 치아 구조 분석 모델에 의해 예측된 치아 구조 영역에 대한 예측 결과와 전술한 우식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 우식 의심 영역에 대한 예측 결과를 함께 제공하는 경우, 의료인은 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 우식 의심 영역의 위치를 보다 용이하게 파악할 수 있다. 이에, 의료인은, 피검자의 상태에 따른 적합한 치료법을 용이하게 선택할 수 있다.
- [0071] 치아 구조 분석 모델은, 치아 의료 영상 내에서 메탈 수복 및 레진 수복 영역 또는, 신경치료를 위해 거타퍼차와 치과용 재료가 충전된 영역과 같은, 치아 치료가 수행된 영역을 예측하도록 더 구성될 수 있다. 이에, 본 발명은 치아 우식증의 진단과 연관된 정보와 함께 피검자에 대한 과거의 치아 치료 여부 또는 수행된 치료의 종류에 대한 정보를 더 제공할 수 있다.
- [0072] 한편, 치아 구조 분석 모델은 법랑질, 상아질, 치수, 잇몸 및 치아 사이 공간과 같은 치아 구조 영역의 분할과 메탈 수복 및 레진 수복 영역 또는, 신경치료를 위해 거타퍼차와 치과용 재료가 충전된 영역과 같은, 치아 치료가 수행된 영역의 분할을 동시에 수행하도록 구성된 단일 모델일 수 있고, 치아 구조 영역의 분할 및 치아 치료가 수행된 영역의 분할을 각각 수행하는 두 개의 모델이 결합된 예측 모델일 수도 있다.
- [0073] 전술한 바와 같이 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는 예측 모델들은, 치아 우식 영역의 예측에 있어서 단일로 또는 조합으로 이용될 수 있다.
- [0074] 나아가, 예측 모델들은, 영상을 기초로 학습되는 다양한 학습 모델에 기초할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는 예측 모델들은 DNN (Deep Neural Network), CNN (Convolutional Neural Network), DCNN (Deep Convolution Neural Network), RNN (Recurrent Neural Network), RBM (Restricted Boltzmann Machine), DBN (Deep Belief Network), SSD (Single Shot Detector) 모델 또는 U-net을 기반으로 하는 예측 모델일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0075] 이하에서는 도 1을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 디바이스를 설명한다.
- [0076] 먼저, 도 1을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 디바이스를 구체적으로 설명한다. 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 디바이스의 구성을 도시한 것이다.
- [0077] 도 1을 참조하면, 치아 우식 영역의 예측 디바이스 (100) 는 수신부 (110), 입력부 (120), 출력부 (130), 저장부 (140) 및 프로세서 (150) 를 포함한다.
- [0078] 구체적으로 수신부 (110) 는 피검자에 대한 치아 의료 영상을 촬영하도록 구성될 수 있다. 이때, 수신부 (110) 에 의해 획득된 치아 의료 영상은 X-레이 영상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 한편, 수신부 (110) 는 치아 의료 영상을 후술할 프로세서 (150) 에 송신하도록 더 구성될 수 있다.
- [0079] 입력부 (120) 는 치아 우식 영역의 예측 디바이스 (100) 를 설정할 수 있다. 나아가, 사용자는 입력부 (120) 를 통해, 수신부 (110) 에 의해 수신한 치아 의료 영상 내에서 우식 영역을 예측하고자 하는 관심 영역을 선택할 수 있다. 한편, 입력부 (120) 는 키보드, 마우스, 터치 스크린 패널일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0080] 출력부 (130) 는 수신부 (110) 로부터 획득된 치아 의료 영상을 시각적으로 표시할 수 있다. 나아가, 출력부 (130) 는 프로세서 (150) 에 의해 치아 의료 영상 내에서 예측된 우식 의심 영역과 치아 구조 영역 등의 치아 우식증과 연관된 진단 정보를 더 표시하도록 구성될 수 있다. 나아가, 출력부 (130) 는 프로세서 (150) 에 의해 산출된 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률과 우식 의심 영역에 대한 위치 정보 및 침범 깊이에 대한 정보를 더 표시하도록 구성될 수 있다.
- [0081] 저장부 (140) 는 수신부 (110) 를 통해 획득한 치아 의료 영상을 저장하고, 입력부 (120) 를 통해 설정된 치아 우식 영역의 예측 디바이스 (100) 의 지시를 저장하도록 구성될 수 있다. 나아가, 저장부 (140) 는 후술할 프로세서 (150) 에 의해 예측된 결과들을 저장하도록 구성된다. 그러나, 전술한 것에 제한되지 않고 저장부 (140) 는, 치아 우식 영역의 예측을 위해 프로세서 (150) 에 의해 결정된 다양한 정보들을 저장할 수 있다.
- [0082] 한편, 프로세서 (150) 는 치아 우식 영역의 예측 디바이스 (100) 에 대하여 정확한 예측 결과를 제공하기 위한 구성 요소일 수 있다. 이때, 치아 우식 영역의 예측을 위해 프로세서 (150) 는 치아 의료 영상 내에서 우식 의심 영역을 예측하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로세서 (150) 는 치아 의료 영상에 대하여 치아 우식 영역 또는 그 이외의 영역을 확률적으로 분할하도록 구성된 예측 모델을 이용할 수 있다. 이에, 프로세서 (150) 는 수신부 (110) 로부터 수신한 치아 의료 영상, 예를 들어 X-레이 치아 의료 영상을 기초로 치아 우식 영역의 진단 정보를 제공할 수 있다.
- [0083] 나아가, 프로세서 (150) 는 치아 의료 영상에 대하여 복수의 치아 구조에 대한 영역을 예측 하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로세서 (150) 는 치아 의료 영상에 대하여, 법랑질, 상아질, 치수, 잇몸, 치아 사이 공간의 치아 구조 영역과 메탈 수복, 레진 수복, 또는 거타파자가 충전된 영역의 치아 치료 영역을 분할하도록 구성된 예측 모델을 이용할 수 있다. 이에, 프로세서 (150) 는 예측 모델 각각에 의한 우식 의심 영역의 분석 결과와 치아 구조 분석 결과를 기초로, 우식이 일어난 병소에 대한 위치와 침범 깊이에 대한 정보를 제공할 수 있다.
- [0084] 한편, 프로세서 (150) 에 이용되는 예측 모델들은, 영상을 기초로 학습되는 다양한 학습 모델에 기초할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는 예측 모델들은 DNN (Deep Neural Network), CNN (Convolutional Neural Network), DCNN (Deep Convolution Neural Network), RNN (Recurrent Neural Network), RBM (Restricted Boltzmann Machine), DBN (Deep Belief Network), SSD (Single Shot Detector) 모델 또는 U-net을 기반으로 하는 예측 모델일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0085] 이하에서는, 도 2a 내지 도 2b를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법을 구체적으로 설명한다. 도 2a는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법의 절차를 도시한 것이다. 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법에 의한 치아 의료 영상에 대한 치아 우식 영역의 예측의 절차를 예시적으로 도시한 것이다. 도 2c는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법에서, 치아 의료 영상에 대한 보정 방법을 예시적으로 도시한 것이다.
- [0086] 먼저 도 2a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 절차는 다음과 같다. 먼저, 피검자에 대한 치아 의료 영상을 수신한다 (S210). 그 다음, 치아 의료 영상에 대하여 치아 우식 의심 영역을 예측하도록 구성된 우식 의심 영역 예측 모델을 이용하여, 우식 의심 영역을 예측한다 (S220). 그 다음, 예측된 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고 (S230), 평균 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 결정한다 (S240). 마지막으로, 예측된 결과를 제공한다 (S250).
- [0087] 예를 들어, 도 2b를 참조하면, 치아 의료 영상을 수신하는 단계 (S210) 피검자에 대한 치아 의료 영상 (212) 를 수신할 수 있다. 이때, 치아 의료 영상 (212) 은 X-레이 영상일 수 있고, DICOM 파일 형식일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0088] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 치아 의료 영상을 수신하는 단계 (S210) 에서는 치아 의료 영상 (212) 에 대한 빠른 분석이 가능하도록 일정한 픽셀을 갖도록 전처리가 수행된 치아 의료 영상 (212) 를 더 수신할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 치아 의료 영상을 수신하는 단계 (S210) 이후에, 수신된 치아 의료 영상 (212) 에 대하여 일정한 픽셀 단위를 갖도록 크기를 조절하거나 대비, 해상도, 명암, 또는 좌우 대칭을 조절하는, 치아 의료 영상 (212) 에 대한 보정하는 단계가 더 수행될 수 있다.
- [0089] 예를 들어 도 2c의 (a) 및 (b)를 참조하면, 보정하는 단계에서는, 수신된 치아 의료 영상 (212) 에 대하여 복수의 감마 값, 예를 들어, 1.0의 감마 값을 갖는 원본 치아 의료 영상 (212, 214 (b)) 를 기초로 0.75 및 1.5의 감마 값을 갖도록 감마 교정 (Gamma correction) 이 수행될 수 있다. 보정하는 단계의 결과로, 복수개의 밝기

의 치아 의료 영상 (214 (a), 214 (b) 및 214 (c)) 이 획득될 수 있다. 복수개의 밝기의 치아 의료 영상 (214) 은 후술할 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 입력되어, 보다 향상된 검출물로 우식 영역을 예측하도록 한다.

- [0090] 다음으로, 도 2b를 참조하면, 우식 의심 영역을 예측하는 단계 (S220) 에서는, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에, 치아 의료 영상을 수신하는 단계 (S210) 에서 획득된 치아 의료 영상 (212), 보다 구체적으로 보정하는 단계에 따라 획득된 복수개의 밝기의 치아 의료 영상 (214) 이 입력된다. 이때, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 은 복수개의 밝기의 치아 의료 영상 (214) 에 대하여, 우식 의심 영역 및 그 외 영역을 확률적으로 분할하도록 구성됨에 따라 치아 우식 의심 영역을 예측할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우식 의심 영역을 예측하는 단계 (S220) 에서는, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 의해 복수개의 밝기의 치아 의료 영상 (214) 이 갖는 픽셀 단위로 우식 확률이 산출되고, 이를 기초로 우식 의심 영역이 예측될 수도 있다.
- [0092] 우식 의심 영역을 예측하는 단계 (S220) 에 의해 우식 의심 영역이 예측된 영상 (232) 이 획득될 수 있다.
- [0093] 한편, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 의해 예측된 우식 의심 영역은 실제 우식인 영역 또는, 우식과 유사한 영역을 포함할 수 있다.
- [0094] 이에, 예측된 우식 의심 영역의 예측 정확도를 높이기 위해, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고 (S230), 평균 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 결정한다 (S240).
- [0095] 보다 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하는 단계 (S230) 에서는, 우식 의심 영역이 갖는 복수의 픽셀 각각에 대하여 우식 확률을 산출하고, 이를 기초로 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하는 단계 (S230) 에서는, 우식 의심 영역을 예측하는 단계 (S220) 에서 우식 의심 영역 결정을 위해 미리 산출된 픽셀에 대한 우식인 확률을 기초로, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출할 수도 있다.
- [0097] 도 2b의 우식 의심 영역이 예측된 영상 (232) 을 참조하면, 예측된 복수개의 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률이 도시된다. 이때, 붉은색을 나타내는 영역은, 평균 우식 확률이 높은 영역이고, 푸른색을 나타내는 영역은, 평균 우식 확률이 상대적으로 낮은 영역일 수 있다.
- [0098] 다음으로, 도 2b를 참조하면, 우식 의심 영역을 결정하는 단계 (S240) 에서는, 평균 우식 확률을 산출하는 단계 (S230) 에서 산출된 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 기초로 우식 의심 영역을 결정하게 된다.
- [0099] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 우식 의심 영역을 결정하는 단계 (S240) 에서 임계치 미만의 평균 우식 확률을 갖는 우식 의심 영역은, 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정될 수 있다. 이때, 우식 의심 영역의 결정을 위한 평균 우식 확률의 임계적 수준은 0.5 내지 0.6일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 우식 의심 영역을 결정하는 단계 (S240) 의 결과로, 우식 의심 영역이 결정된 영상 (242) 이 획득될 수 있다.
- [0100] 바람직하게, 우식 의심 영역에 대한 평균 우식 확률을 산출하고, 임계적 수준을 기초로 우식 의심 영역을 결정하는 것은, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 의해 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0101] 전술한 치아 우식 영역 예측 방법에 따라, 본원 발명에서는 치아 의료 영상에 기초하여 보다 높은 정확도로 우식이 일어난 부위를 예측할 수 있다.
- [0102] 한편, 본원 발명의 다른 실시예에 따르면, 치아 의료 영상에 대한 치아 구조에 대한 영역의 예측이 더 수행될 수 있다.
- [0103] 보다 구체적으로, 도 2b를 참조하면, 치아 구조에 대한 영역을 예측하는 단계에서는, 원본의 치아 의료 영상 (212) 이 치아 구조 분석 모델 (224) 에 입력된다. 그 결과, 치아 구조 영역이 분할된 영상 (234) 이 획득될 수 있다.
- [0104] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 치아 구조에 대한 영역을 예측하는 단계에서, 치아 구조 분석 모델 (224) 은, 치아 의료 영상 (212) 에 대하여 범광질, 상아질, 및 치수 중 적어도 하나 및, 잇몸 또는 치아 사이 공간에 대한 영역을 확률적으로 분할하여 예측할 수 있다.
- [0105] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 치아 구조에 대한 영역을 예측하는 단계에서, 치아 구조 분석 모델 (224) 은,

치아 의료 영상 (212) 에 대하여 메탈 수복, 수복 및 거타퍼차에 대한 영역으로 이루어진 그룹 중 선택된 적어도 하나의 치아 치료 영역을 확률적으로 분할하여 예측할 수 있다.

- [0106] 이에, 예측된 결과를 제공하는 단계 (S250) 에서는, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 의해 분석된 결과뿐만 아니라, 치아 구조 분석 모델 (224) 에 의해 분석된 결과가 함께 제공될 수 있다. 이러한 정보들은, 피검자에 대한 치아 우식증 진단 및 치료가 용이하게 수행되는 것에 기여할 수 있다.
- [0107] 도 2b를 참조하면, 예측된 결과를 제공하는 단계 (S250) 에서는, 우식 의심 영역 예측 모델 (222) 에 의해 예측된 우식 의심 영역이 치아 구조 분석 모델 (224) 에 의해 분할된 치아 구조 영역에 대응하도록 오버랩되고, 오버랩된 결과를 기초로 우식 의심 영역에 대한 침범 깊이 또는 우식 의심 영역의 위치를 제공할 수 있다.
- [0108] 이때, 예측된 우식 의심 영역이 잇몸 또는 치아 사이 공간에 대한 영역과 오버랩 되는 경우, 예측된 우식 의심 영역은 우식 의심 영역이 아닌 것으로 결정될 수 있다.
- [0109] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 예측된 결과를 제공하는 단계 (S250) 에서는, 치아 구조 분석 모델 (224) 에 의해 분할된 치아 치료 영역을 기초로, 피검자에 대한 치료 여부 또는, 수행된 치료 종류를 더 제공할 수 있다.
- [0110] 이상의 본 발명의 다양한 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법에 의해, 의료인의 숙련도에 관계 없이 피검자로부터 획득된 치아 의료 영상에 기초한 치아 우식 영역의 정확한 예측이 가능할 수 있다. 이에, 본 발명은 치아 의료 영상에 기초한 진단 시스템에 적용될 수 있다.
- [0111] 이하에서는, 도 3a 및 도 3b를 참조하여, 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델의 학습 방법을 설명한다. 도 3a 및 3b는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 대한 학습용 치아 의료 영상 데이터를 도시한 것이다.
- [0112] 도 3a의 (a) 및 (b)를 참조하면, 예측 모델의 학습은 25 장의 치아 X-레이 영상으로 이루어진 A 내지 F의 데이터 셋을 이용하여 수행되었다. 보다 구체적으로, 총 150 장의 학습용 영상은 12 bit의 콘트라스트 (contrast) 조절을 하지 않은 DICOM 영상이 이용되었다. 이때, A 데이터 셋은 93 개의 우식을 포함하고, B 데이터 셋은 82 개의 우식을 포함하고, C 데이터 셋은 89 개의 우식을 포함하고, D 데이터 셋은 79 개의 우식을 포함하고, E 데이터 셋은 94 개의 우식을 포함하고, F 데이터 셋은 74 개의 우식을 포함한다. 본 검증에서, 총 6 번의 교차검증이 수행되었는데, 6 개의 데이터 셋 중 4 개의 데이터 셋을 학습에 이용하였고, 나머지 1 개의 데이터 셋은 검증에, 다른 1 개의 데이터 셋은 평가에 이용하였다.
- [0113] 도 3b의 (a)를 참조하면, 학습용 치아 의료 영상이 도시된다. 도 3b의 (b)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 치아 구조에 따라 각각 상이한 색상으로 나타나도록 태깅된 정답 영역들이 도시된다. 보다 구체적으로, 법랑질 영역, 상아질 영역, 치수 영역, 메탈 수복 영역, 레진 수복 영역, 거타 퍼차 영역, 잇몸 (뼈) 영역, 치아 사이 공간 영역 및 그 외 영역의 9 개의 영역이 태깅된 영상이 치아 구조 분석 모델의 학습에 이용된다. 이에, 치아 구조 분석 모델은, 복수개의 치아 구조 영역 및 그 외 영역의 9 개의 채널로 치아 의료 영상을 분할하도록 학습될 수 있다. 도 3b의 (c)를 참조하면, 치아 우식 영역이 정답으로 태깅된 학습용 영상이 도시된다. 이러한 영상은 우식 의심 영역 예측 모델의 학습에 이용된다. 이에, 우식 의심 영역 예측 모델은 우식 의심 영역 및 그 외 영역의 2 개의 채널로 치아 의료 영상을 분할하도록 학습될 수 있다.
- [0114] 한편, 학습용 치아 의료 영상은, 동일한 영상에 대하여 밝기가 다양화된, 즉 감마 값이 조절된 복수의 치아 의료 영상이 이용될 수 있다. 이에, 우식 의심 영역 예측 모델은, 학습용 치아 의료 영상 내에 존재하는 우식 영역에 대하여 다양한 밝기 정도를 학습할 수 있다. 그 결과, 치아 우식 영역 예측 모델은 입력되는 치아 의료 영상의 밝기에 영향을 받지 않고 높은 검출률로 우식 영역을 예측할 수 있다.
- [0115] 한편, 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델은, 치아 의료 영상 내에서 의미 있는 부분을 픽셀 단위로 예측할 수 있는 U-net에 기초할 수 있으나, 이에 제한되지 않고 보다 다양한 영상 분할 알고리즘의 적용이 가능할 수 있다.
- [0116] 실시예 1: 예측 모델의 평가
- [0117] 이하의 실시예 1에서는 도 4a 내지 도 4d를 참조하여 본 발명의 다양한 실시예에 이용되는 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델의 평가 방법 및 결과를 설명한다. 도 4a는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델의 평가 기준을 예시적으로 도시한 것이다. 도 4b는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 우식 의심 영역 예측 모델에 대한 우식 확률의 임계적 수준에 따른 성능 변화를 도시한 것이다.

도 4c 및 4e는 본 발명의 다양한 실시예에서 이용되는, 주식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 대한 예측 평가 결과를 도시한 것이다.

- [0118] 도 4a를 참조하면, 주식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델은, 입력된 치아 의료 영상에 대하여 두 개의 예측 모델 각각에서 예측된 예측 영역 (A) 와 치아 의료 영상 내에서 미리 마스크된 정답 영역 (B) 을 기초로 평가될 수 있다. 보다 구체적으로, 예측 영역과 정답 영역이 합쳐진 영역 (AUB) 에 대한 중첩 영역 ($A \cap B$, C) 의 비율인 영역 중첩률을 기초로 상기 모델들의 성능이 평가될 수 있다.
- [0119] 도 4b의 (a)를 참조하면, 예측된 주식 의심 영역에 대하여 주식으로 결정하는 기준, 즉, 평균 주식 확률에 대한 임계적 수준에 따른 예측 모델의 성능 변화가 도시된다. 보다 구체적으로, 임계적 수준이 0.6 이상일 경우, 예측 모델의 검출률 (recall) 이 급격하게 감소하고, 0.95 이상일 경우 정확도 (precision) 가 급격하게 감소하는 것으로 나타난다. 이에, 주식 의심 영역으로 결정하는 임계적 수준은 0.6 미만, 보다 바람직하게 0.5 내지 0.6 의 값일 수 있다.
- [0120] 도 4b의 (b)를 참조하면, 평균 주식 확률에 대한 임계적 수준이 0.55로 설정되었을 때의 영역 중첩률 (%) 이 도시된다. 보다 구체적으로, 평가 기준인 영역 중첩률이 높게 설정될수록 검출률 및 정확도가 모두 감소하는 것으로 나타난다. 이때, 영역 중첩률 증가에 따른, 검출률 및 정확도의 감소 수준은 유사한 것으로 나타난다.
- [0121] 도 4c의 (a)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 미리 태깅된 정답 영역 및 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역이 나타난다. 이때, 예측된 주식 의심 영역과 정답 영역이 높은 중첩률을 갖는 것으로 나타난다. 도 4c의 (b)를 참조하면, 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역에 대한 평균 주식 확률은 평균 0.7 이상으로 나타나, 주식 의심 영역 예측모델의 예측 성능이 높은 것으로 나타난다. 도 4c의 (c)를 참조하면, 전술한 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역과 함께, 치아 구조 분석 모델에 의해 분할된 치아 구조 영역이 나타난다. 이에 따라, 예측된 주식 영역에 대한 정확한 위치와 이의 정확한 침범 정도와 같은 정보가 제공될 수 있어, 치아 주식증에 대한 효과적인 진단 및 치료가 수행될 수 있다.
- [0122] 도 4d의 (a)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 미리 태깅된 정답 영역 및 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역이 나타난다. 이때, 예측된 주식 의심 영역과 정답 영역이 높은 중첩률을 갖는 것으로 나타난다. 한편, 예측된 영역 들 중 평균 주식 확률이 낮은 영역이 함께 나타난다. 보다 구체적으로, 도 4d의 (b)를 참조하면, 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역은 0.8 이상의 높은 평균 주식 확률을 갖는 영역과 평균 주식 확률이 낮은 영역이 함께 나타난다. 이때, 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 확률이 임계적 수준 미만인 영역은 주식 의심 영역이 아닌 것으로 결정될 수 있다. 도 4d의 (c)를 참조하면, 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 최종적으로 예측된 주식 의심 영역과 함께, 치아 구조 분석 모델에 의해 분할된 치아 구조 영역이 나타난다. 이에 따라, 예측된 주식 영역에 대한 정확한 위치와 이의 정확한 침범 정도와 같은 정보가 제공될 수 있어, 피검자에 대한 치아 주식증의 효과적인 진단 및 치료가 수행될 수 있다.
- [0123] 도 4e의 (a)를 참조하면, 원본의 치아 의료 영상에 대하여 미리 태깅된 정답 영역 및 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역, 확률이 낮은 주식 영역이 나타난다. 도 4e의 (d)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 미리 태깅된 정답 영역 및 감마 값이 교정된 치아 의료 영상을 기초로 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역, 확률이 낮은 주식 영역이 나타난다. 이때, 동일한 주식 의심 영역 예측 모델을 이용했지만, 감마 값이 교정된 치아 의료 영상을 이용했을 때 예측된 주식 의심 영역과 정답 영역이 보다 높은 중첩률을 갖는 것으로 나타난다. 도 4e의 (b)를 참조하면, 원본의 치아 의료 영상에 대하여 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역에 대한 평균 주식 확률은 평균 약 0.75로 나타나, 주식 의심 영역 예측 모델의 예측 성능이 높은 것으로 나타난다. 한편, 도 4e의 (e)를 참조하면, 감마 값이 교정된 치아 의료 영상을 기초로 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역에 대한 평균 주식 확률은, 평균 약 0.78로 나타난다. 즉, 원본의 치아 의료 영상을 이용했을 때 예측된 영역에 대하여 평균 주식 확률이 향상되었으며, 검출되지 않았던 영역들이 검출된 것으로 나타난다. 이는, 치아 의료 영상의 밝기 보정이 주식 영역에 대한 검출률 향상에 기여한 것을 의미할 수 있다. 도 4e의 (c) 및 (f)를 참조하면, 주식 의심 영역 예측 모델에 의해 예측된 주식 의심 영역과 함께, 치아 구조 분석 모델에 의해 분할된 치아 구조 영역이 나타난다. 이에 따라, 예측된 주식 영역에 대한 정확한 위치와 이의 정확한 침범 정도와 같은 정보가 제공될 수 있어, 치아 주식증에 대한 효과적인 진단 및 치료가 수행될 수 있다. 특히, 주식 의심 영역 예측 모델을 이용하여 감마 값이 교정된 치아 의료 영상에 대하여 치아 주식 영역을 예측한 결과와 치아 구조 분석 모델에 의해 치아 구조가 분석된 결과를 함께 제공할 경우, 보다 정확한 진단 정보를 제공할 수 있다.
- [0124] 이상의 실시예 1의 결과로, 주식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 기초한 본 발명의 다양한 실시

예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스는, 피검자의 치아 우식증 발병 여부에 대하여 정확한 진단 정보를 제공할 수 있다. 보다 구체적으로 본 발명은, 밝기가 보정된 복수의 치아 의료 영상에 대하여 치아 우식 의심 영역을 예측하도록 구성된 예측 모델을 이용함으로써, 입력된 치아 의료 영상의 밝기 변화에 따른 영향을 최소화할 수 있고, 향상된 우식 검출률을 제공할 수 있다. 나아가, 본 발명은 치아 구조의 영역을 예측하도록 학습된 예측 모델을 함께 이용하도록 구성된 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스를 제공함으로써, 우식이 일어난 병소에 대한 정확한 위치 및 이의 침범 깊이에 대한 정보를 제공할 수 있다. 이에, 본 발명은, 의료인이 피검자 각각에 대한 상태에 따라 효과적인 치아 우식증 치료법을 선택할 수 있도록 하는 것에 기인할 수 있으며, 개인 맞춤형 우식증 치료의 판단에 기준이 될 수 있는 정보를 제공할 수 있다.

[0125] 한편, 본 발명의 적용 범위는 이에 제한되는 것이 아니다. 예를 들어, 본 발명은, 치아 의료 영상 내에서 메탈 수복 및 레진 수복 영역 또는, 신경치료를 위해 거타과차와 치과용 재료가 충전된 영역과 같은, 치아 치료가 수행된 영역을 예측하여 제공하도록 구성된 치아 구조 분석 모델을 이용하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 치아 우식증의 진단과 연관된 정보와 함께 피검자에 대한 과거의 치아 치료 여부 또는 수행된 치료의 종류에 대한 정보가 더 제공할 수 있다.

[0126] 비교예 1: 종래의 기술과 본원 발명의 비교

[0127] 이하에서는 도 5a 및 도 5b를 참조하여, 종래의 영상 분할 기술에 따른 우식 영역 예측의 결과와 본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법에 따른 예측 결과를 비교하여 설명한다. 도 5a 및 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법 및 종래의 기술에 따른 치아 우식 영역의 예측에 대한 비교 결과를 도시한 것이다.

[0128] 도 5a의 (a)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 우식 영역을 포함하는 8 채널로 분할하도록 구성된 종래 기술에 따른 우식 검출 결과가 도시된다. 보다 구체적으로, 10 % 내지 30 %의 영역 중첩률에서 검출률 (recall) 은 약 0.6 내지 약 0.75점의 범위인 것으로 나타나고, 정확도 (precision) 는 약 0.45 내지 약 0.55점의 범위인 것으로 나타난다.

[0129] 한편, 도 5a의 (b)를 참조하면, 치아 의료 영상에 대하여 우식 의심 영역과 그 외 영역의 2 채널로 분할하도록 구성된 예측 모델을 이용한, 본 발명의 일 실시예에 따른 치아 우식 영역 예측 방법에 따른 우식 검출 결과가 도시된다. 보다 구체적으로, 10 % 내지 30 %의 영역 중첩률에서 검출률은 약 0.6 내지 약 0.75점의 범위인 것으로 나타나고, 정확도는 약 0.55 내지 약 0.65점의 범위인 것으로 나타난다. 즉, 전술한 종래의 기술보다 높은 정확도로 우식 영역을 예측하는 것으로 나타난다. 이러한 결과는, 본원 발명의 예측 모델을 이용한 치아 우식증 진단 시스템이 종래의 기술보다 향상된 예측 성능을 갖는다는 것을 의미할 수 있다.

[0130] 도 5a의 (c)를 참조하면, 원본의 치아 의료 영상, 감마 값이 교정된 2 개의 치아 의료 영상으로 구성된, 총 3 채널의 치아 의료 영상에 대하여 우식 의심 영역과 그 외 영역의 2 채널로 분할하도록 구성된 예측 모델을 이용하여 우식 의심 영역을 예측하고, 예측된 영역의 평균 우식 확률을 기초로 우식 영역을 검증하도록 후처리를 적용한 본 발명의 다른 실시예에 따른 치아 우식 영역 예측 방법에 따른 우식 검출 결과가 도시된다. 보다 구체적으로, 10 % 내지 30 %의 영역 중첩률에서 검출률은 약 0.6 내지 약 0.75점의 범위인 것으로 나타나고, 정확도는 약 0.6 내지 약 0.75점의 범위인 것으로 나타난다. 즉, 치아 의료 영상에 대하여 밝기를 보정하고, 평균 우식 확률에 기초한 후처리를 적용한 본 발명의 다른 실시예에 따른 치아 우식 영역 예측 방법은, 전술한 종래의 기술보다 높은 정확도로 우식 영역을 예측하는 것으로 나타난다. 이러한 결과는, 본원 발명의 예측 모델을 이용한 치아 우식증 진단 시스템이 종래의 기술보다 향상된 예측 성능을 갖는다는 것을 의미할 수 있다. 나아가, 본 방법은, 평균 우식도 5a의 (b)의 원본의 치아 의료 영상을 이용하고 후처리를 적용하기 전의 방법보다 높은 정확도로 우식 영역을 예측한 것으로 나타난다.

[0131] 보다 구체적으로, 도 5b의 (a)를 참조하면, 평가 기준으로 영역 중첩률이 10 %로 설정되었을 때, 8 채널 분할 (종래의 기술) 에 따른 검출률 (recall) 은 0.76, 정확도 (precision) 는 0.56 및 F1-점수 (F1-score) 는 0.65로 나타난다. 이와 대조적으로 2 채널 분할 (본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법) 에 따른 검출률은 0.73, 정확도는 0.63 및 F1-점수는 0.68로 보다 높게 나타난다. 특히, 3 채널의 밝기가 보정된 치아 의료 영상을 이용하고, 후처리를 적용한, 3 채널 분할, 2채널 출력 (감마교정 / 후처리) (본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법) 에 따른 검출률은 0.73, 정확도는 0.68 및 F1-점수는 0.70으로, 세 가지 방법 중 가장 높은 정확도를 보인다.

[0132] 도 5b의 (b)를 참조하면, 평가 기준으로 영역 중첩률이 30 %로 설정되었을 때, 8 채널 분할 (종래의 기술) 에

따른 검출률은 0.58, 정확도는 0.45 및 F1-점수는 0.51로 나타난다. 이와 대조적으로 2 채널 분할 (본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법)에 따른 검출률은 0.59, 정확도는 0.53 및 F1-점수는 0.56으로 보다 높게 나타난다. 특히, 3 채널의 밝기가 보정된 치아 의료 영상을 이용하고, 후처리를 적용한, 3 채널 분할, 2 채널 출력 (감마 교정 / 후처리) (본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법)에 따른 검출률은 0.59, 정확도는 0.58 및 F1-점수는 0.58로, 세 가지 방법 중 가장 높은 정확도를 보인다. 특히, 평가 기준이 30 %의 중첩률로 향상되었음에도 감마 교정된 영상을 이용하고 후처리를 적용한 본 발명의 치아 우식 영역 예측 방법은, 높은 예측의 정확도를 보인다. 이러한 결과는, 원본 치아 의료 영상에 대하여 복수의 감마 값을 갖도록 밝기를 보정하는 것과 예측 영역에 대한 우식 확률을 기초로 우식 확률을 결정하는 후처리에 따라, 우식의 예측 성능의 향상이 일어난 것을 의미할 수 있다.

[0133] 이상의 비교예 1의 결과로, 우식 의심 영역 예측 모델 및 치아 구조 분석 모델에 기초한 본 발명의 다양한 실시예에 따른 치아 우식 영역의 예측 방법 및 이를 이용한 디바이스는, 종래의 영상 분할 기술보다 높은 정확도로 치아 의료 영상 내에서 병변 의심 영역을 예측할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

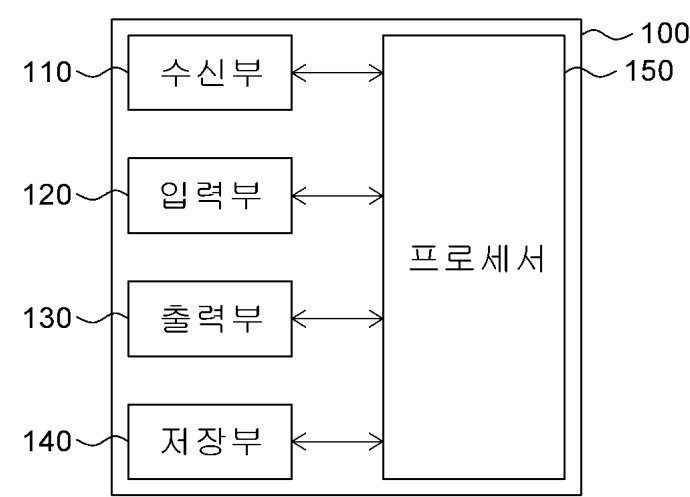
[0134] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것은 아니고, 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 그러므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

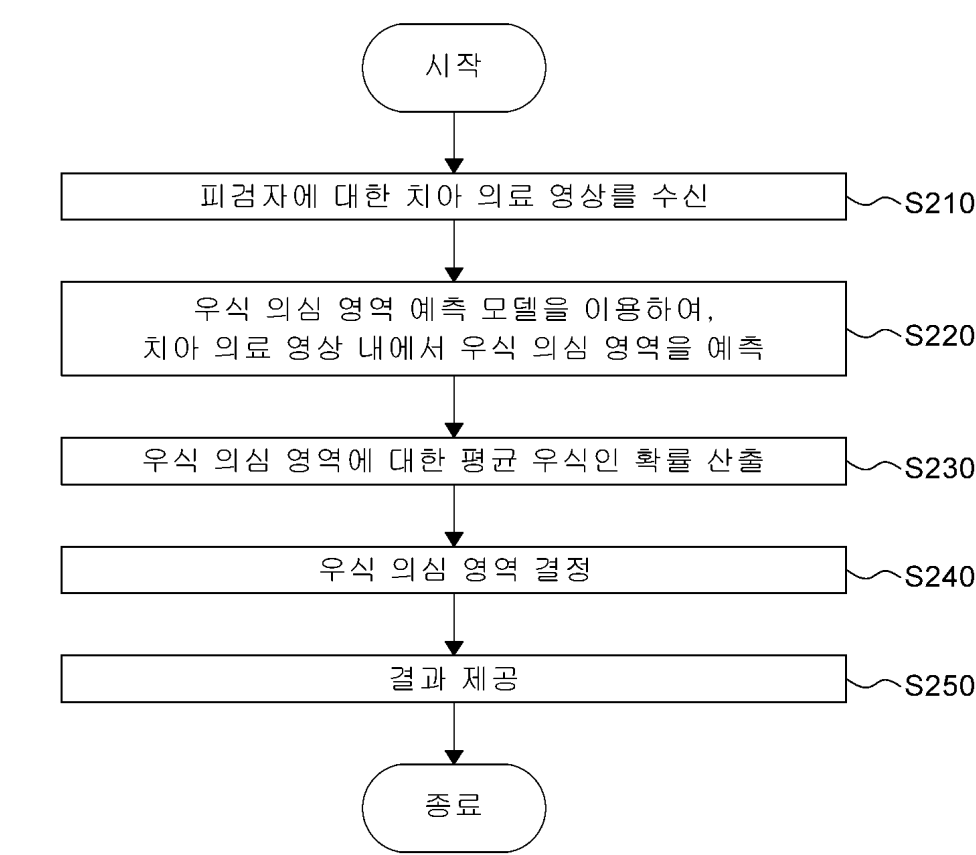
- [0135]
- 100: 치아 우식 영역의 예측 디바이스
 - 110: 수신부
 - 120: 입력부
 - 130: 출력부
 - 140: 저장부
 - 150: 프로세서
 - 212, 214 (b): 치아 의료 영상
 - 214: 복수개의 밝기의 치아 의료 영상
 - 214 (a): 0.75의 감마 값을 갖는 보정된 치아 의료 영상
 - 214 (c): 1.5의 감마 값을 갖는 보정된 치아 의료 영상
 - 222: 우식 의심 영역 예측 모델
 - 224: 치아 구조 분석 모델
 - 232: 우식 의심 영역이 예측된 영상
 - 234: 치아 구조 영역이 분할된 영상
 - 242: 우식 의심 영역이 결정된 영상
 - 252: 예측된 우식 의심 영역 및 치아 구조 영역이 오버랩된 영상

도면

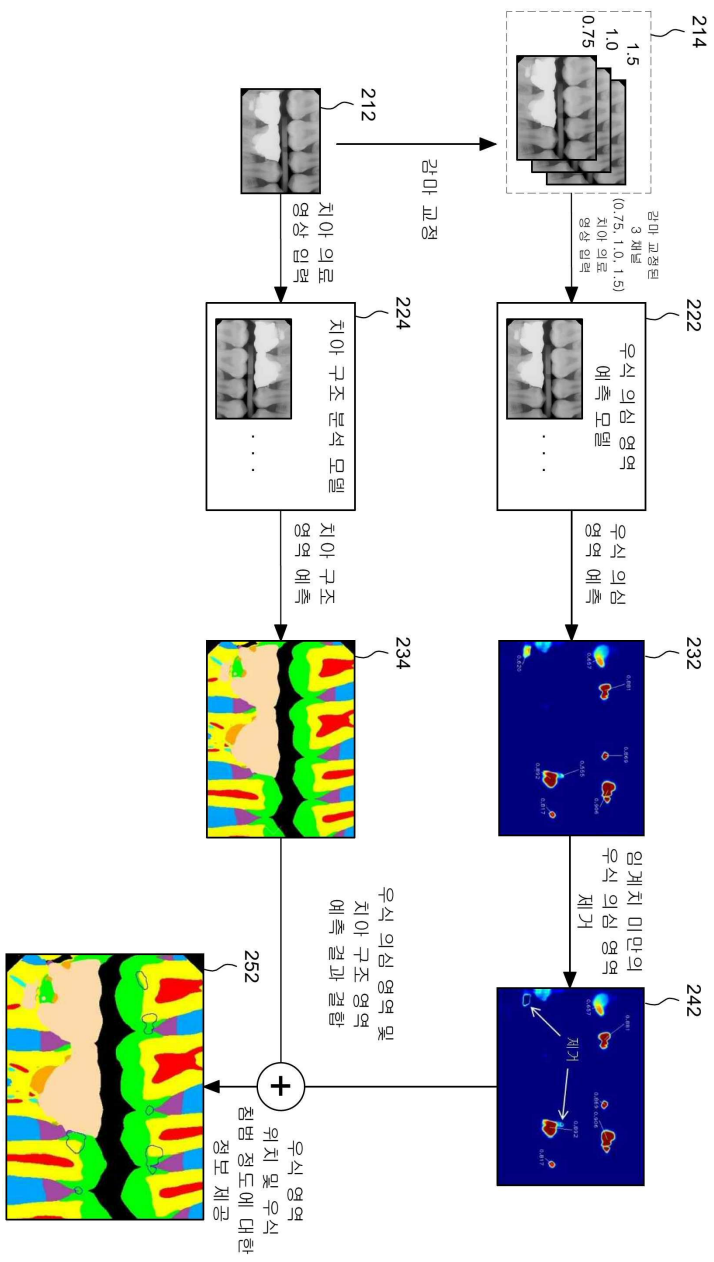
도면1



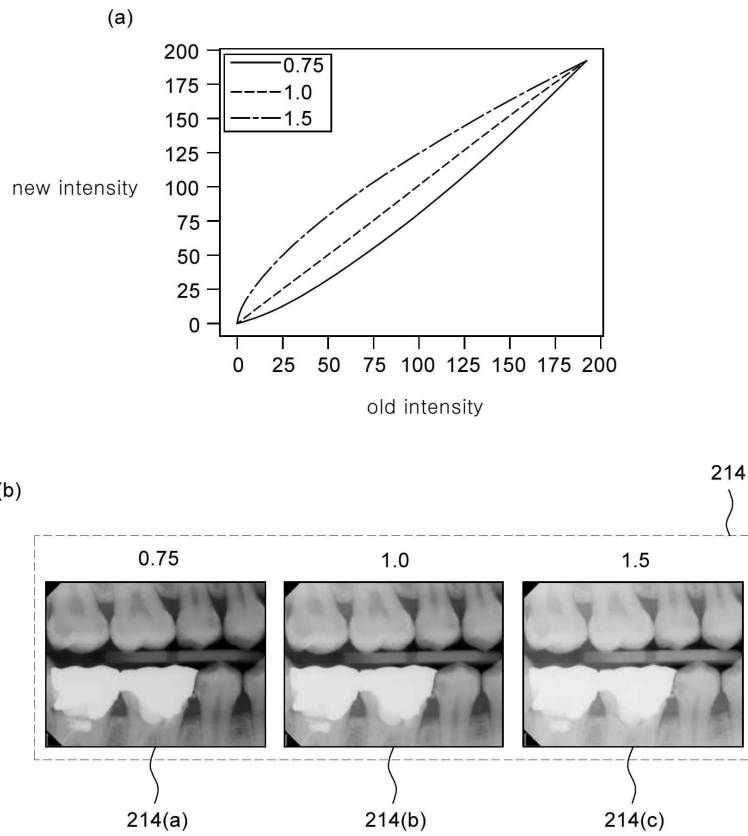
도면2a



도면2b



도면2c



도면3a

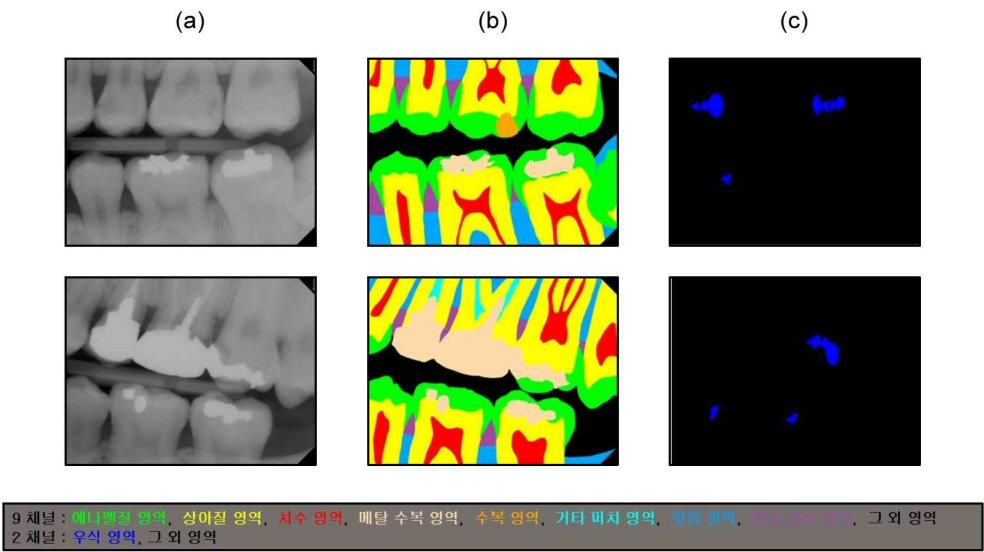
(a)

데이터 셋	A	B	C	D	E	F	합계
이미지 수 (장)	25	25	25	25	25	25	150
우식 개수	93	82	89	79	94	74	511

(b)

교차 검증	학습	검증	평가 (테스트)
1	A,B,C,D	E	F
2	B,C,D,E	F	A
3	C,D,E,F	A	B
4	D,E,F,A	B	C
5	E,F,A,B	C	D
6	F,A,B,C	D	E

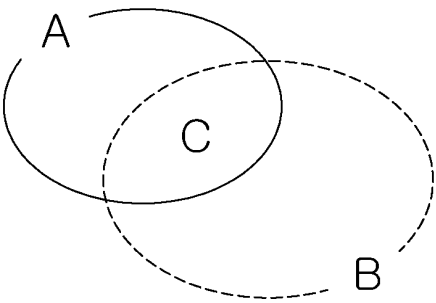
도면3b



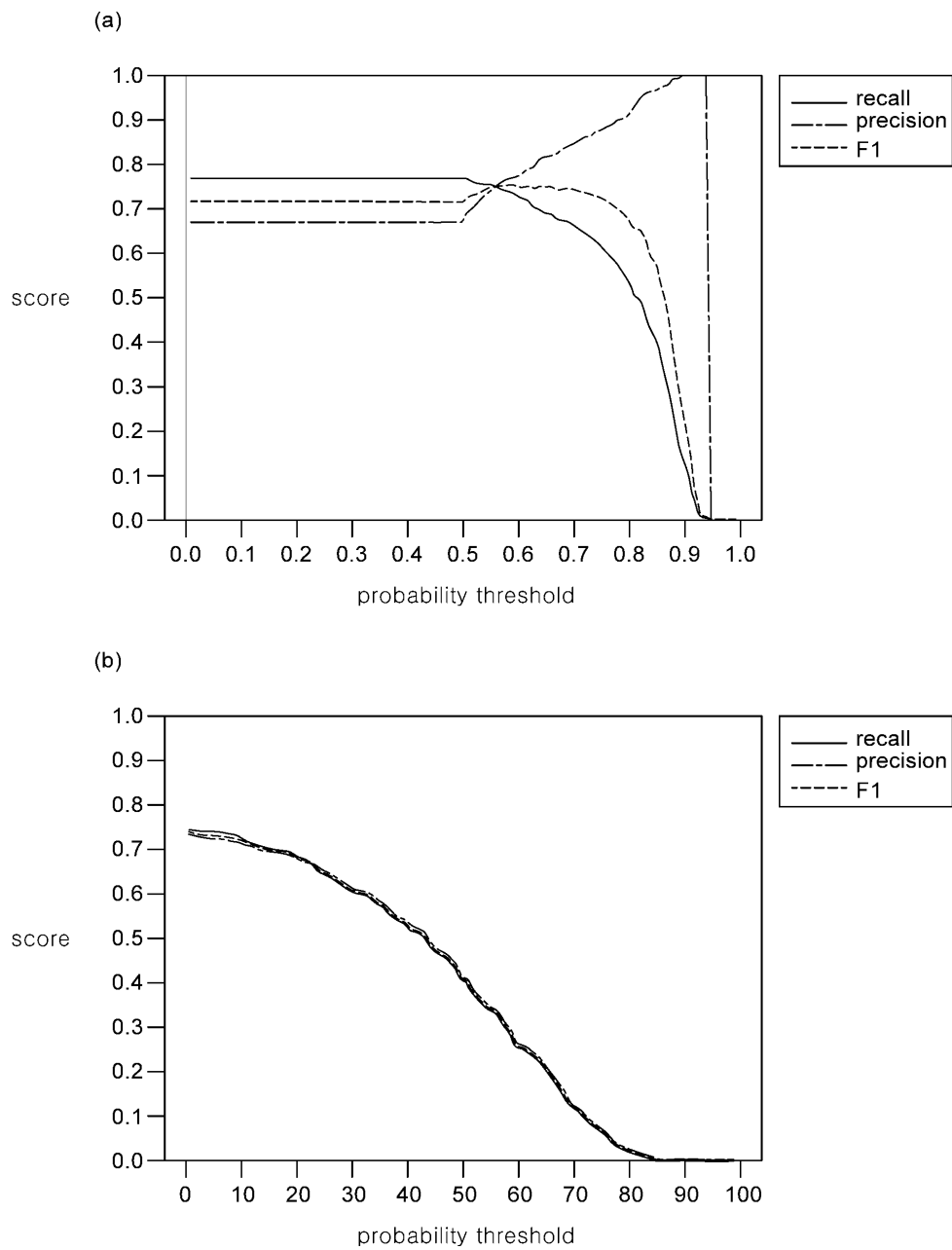
도면4a

영역 중첩률(%)

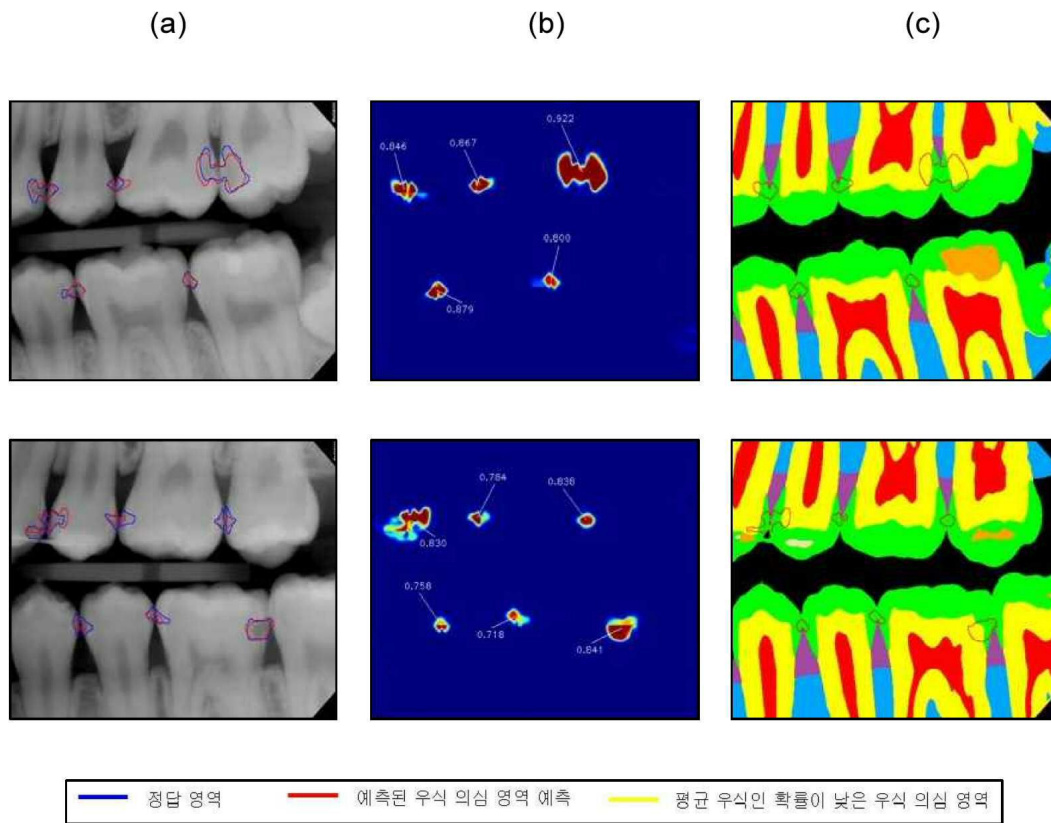
$$\frac{C}{A \cup B}$$



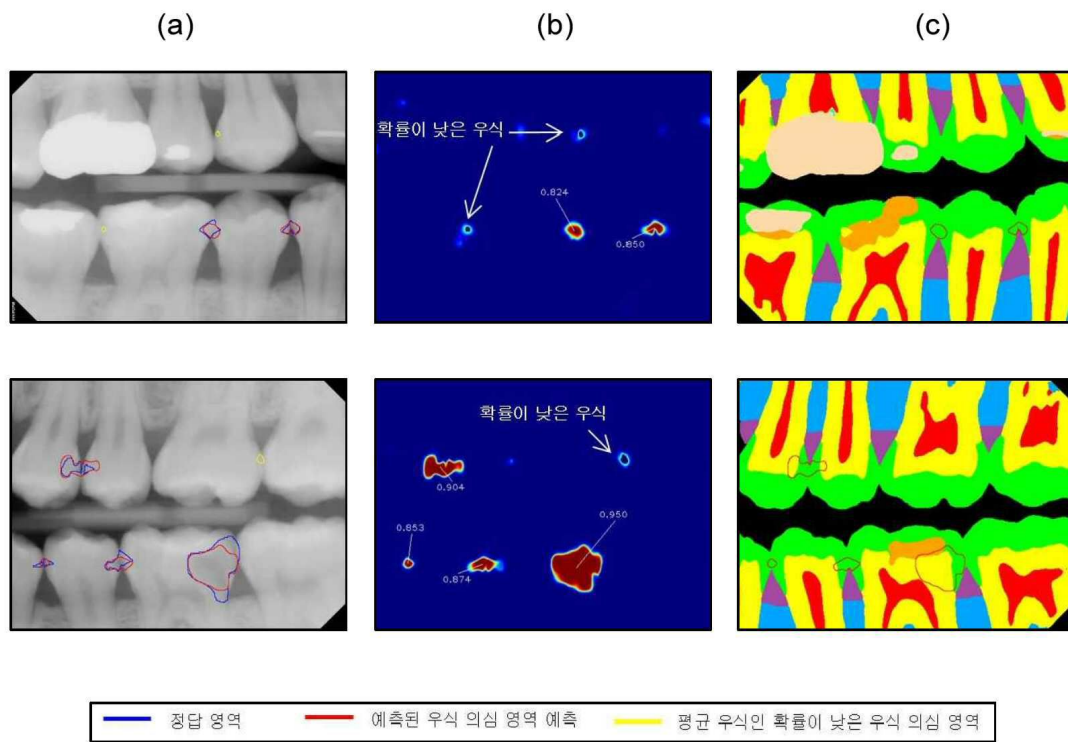
도면4b



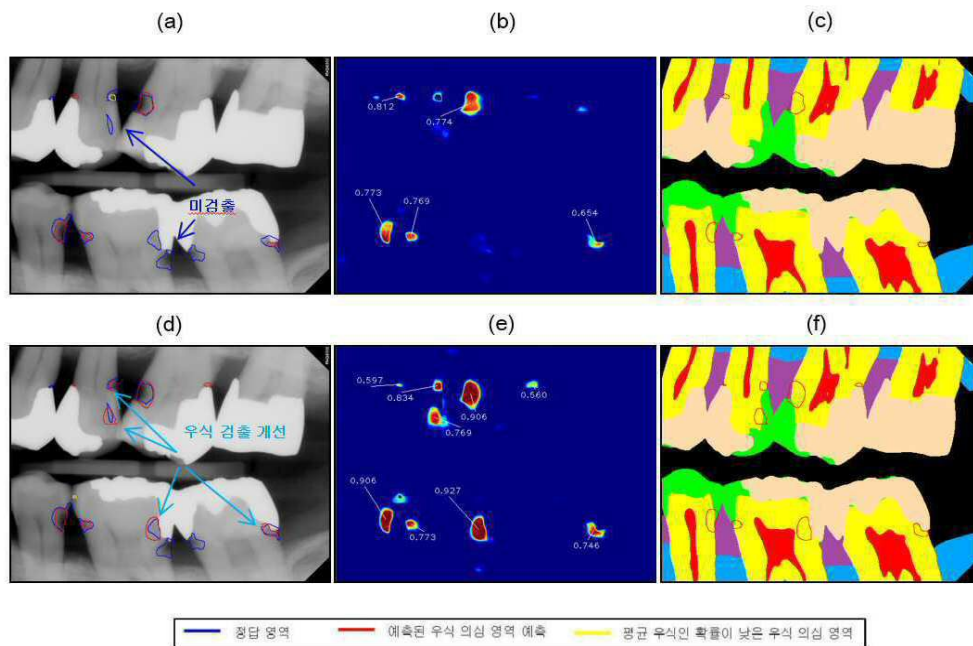
도면4c



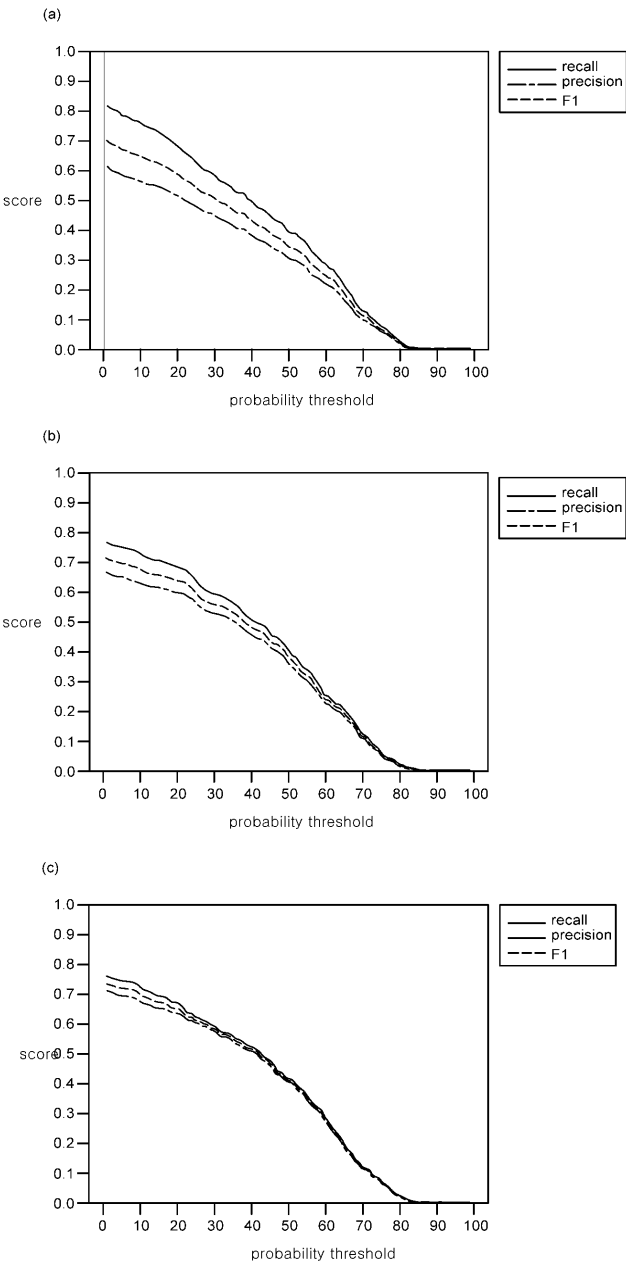
도면4d



도면4e



도면5a



도면5b

(a)

방법	TP	FP	FN	Recall	Precision	F1-Score
8채널	387	300	124	0.76	0.56	0.65
2채널	373	218	138	0.73	0.63	0.68
2채널, 후처리	370	153	141	0.72	0.71	0.72

(b)

방법	TP	FP	FN	Recall	Precision	F1-Score
8채널	279	367	214	0.58	0.45	0.51
2채널	304	271	207	0.59	0.53	0.56
2채널, 후처리	303	203	208	0.59	0.60	0.60