(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0103852
(43) 공개일자 2022년07월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G16H 30/40 (2018.01) *G16H 50/20* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G16H 30/40 (2018.01)
A61B 5/0042 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0006056
(22) 출원일자 2021년01월15일
심사청구일자 2021년01월15일

(71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
김남국
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104 장미아파트 27동 1002호
홍길선
서울특별시 송파구 올림픽로 435 파크리오 224동 302호
이승준
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 서울아산병원
(74) 대리인
제일특허법인(유)

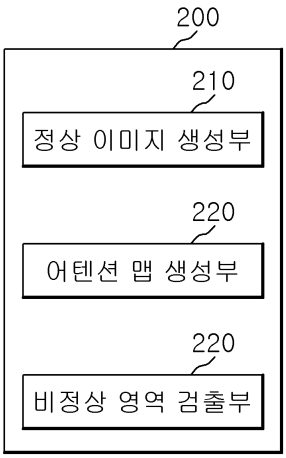
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법, 상기 방법을 수행하는 비정상 영역 검출 장치, 및 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는데 이용되는 신경망을 학습시키는 방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치에 의해 수행되는 인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법은, 피검사자의 상기 인체 기관을 촬영한 상기 의료 이미지를 획득하는 단계; 기 학습된 신경망을 이용하여, 상기 인체 기관에 대한 적어도 하나의 정상 이미지를 생성하는 단계; 상기 의료 이미지 중에서 상기 적어도 하나의 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 적어도 하나의 어텐션 맵(attention map)을 생성하는 단계; 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하는 단계; 및 상기 검출된 비정상 영역에 기초하여, 비정상 스코어(anomaly score)를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
A61B 5/055 (2022.01)
A61B 5/4064 (2021.01)
A61B 6/032 (2013.01)
A61B 6/501 (2013.01)
A61B 6/5217 (2020.08)
G06N 3/08 (2013.01)
G16H 30/20 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/70 (2018.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415149525
과제번호 10072064
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자시스템산업핵심기술개발
연구과제명 폐, 간, 심질환 영상판독지원을 위한 인공지능 원천기술개발 및 PACS 연계 상용화
기 여 율 75/100
과제수행기관명 서울아산병원
연구기간 2016.12.01 ~ 2017.11.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1465033623
과제번호 HR18C0016020021
부처명 보건복지부
과제관리(전문)기관명 한국보건산업진흥원
연구사업명 연구중심병원육성(R&D)
연구과제명 암 정밀의료 SMART Cancer Care-Bot 플랫폼 기반 소통형 의료기기 개발
기 여 율 25/100
과제수행기관명 서울아산병원
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

비정상 영역 검출 장치에 의해 수행되는 인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법에 있어서,

피검사자의 상기 인체 기관을 촬영한 상기 의료 이미지를 획득하는 단계;

기 학습된 신경망을 이용하여, 상기 인체 기관에 대한 적어도 하나의 정상 이미지를 생성하는 단계;

상기 의료 이미지 중에서 상기 적어도 하나의 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 적어도 하나의 어텐션 맵(attention map)을 생성하는 단계;

기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하는 단계; 및

상기 검출된 비정상 영역에 기초하여, 비정상 스코어(anomaly score)를 산출하는 단계를 포함하는

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 신경망은 생성 신경망 및 판별 신경망을 포함하고,

상기 생성 신경망은,

잠재 벡터를 입력 받으면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습되고,

상기 판별 신경망은,

상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지의 진위 여부를 판별하도록 기 학습된

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 판별 신경망은,

상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지를 이용하여, 상기 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 하는 판별 손실 값을 생성하고,

상기 생성 신경망은,

상기 판별 손실 값을 더 입력 받아 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습된

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 잠재 벡터는,

상기 정상 이미지와 상기 정상 이미지의 레이블 데이터인 참조 의료 이미지와의 영상 차이 손실과 상기 판별 손실을 입력 받아 최적화된 것인

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 5

제3 항에 있어서,

상기 잠재 벡터는,

기 촬영된 참조 의료 이미지를 입력 받으면 상기 잠재 벡터를 생성하도록 기 학습된 인코더로부터 생성된 것인

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 어텐션 맵은 복수의 영역들을 포함하고,

상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하는 단계는,

상기 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵을 상기 복수의 영역들 별로 비교하여, 상기 복수의 영역들 각각에 대해, 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수를 산출하는 단계; 및

상기 복수의 영역들 중에서 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수가 기 설정된 기준 값 이상인 영역을, 상기 비정상 영역으로 결정하는 단계를 포함하는

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 비정상 스코어를 산출하는 단계는,

상기 의료 이미지에서 상기 검출된 비정상 영역과 정상 영역의 강도(intensity) 차이를 스칼라 값으로 변환하여 상기 비정상 스코어를 산출하는 단계를 포함하는

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 비정상 스코어를 산출하는 단계는,

상기 의료 이미지 상의 영역 별 중요도에 기초하여 상기 비정상 영역에 가중치를 부여하는 단계를 더 포함하는

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 9

제1 항에 있어서,

기 학습된 비정상 스코어 결정 신경망에 상기 비정상 스코어를 입력하여 상기 의료 이미지의 비정상 여부를 판별하는 단계를 더 포함하고,

상기 기 학습된 비정상 스코어 결정 신경망은,

비정상 영역이 기 검출된 참조 의료 이미지에 대한 참조 비정상 스코어를 입력 받으면, 상기 참조 의료 이미지의 비정상 여부를 출력하도록 기 학습된 것인

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법.

청구항 10

생성 신경망과 판별 신경망을 포함하고, 인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는데 이용되는 신경망을 학습시키는 방법에 있어서,

랜덤 노이즈를 입력 받으면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 상기 생성 신경망을 학습시키는 단계; 및

상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지를 입력 받으면, 상기 정상 이미지의 진위 여부를 출력하도록 상기 판별 신경망을 학습시키는 단계를 포함하고,

상기 생성 신경망을 학습시키는 단계는,

상기 판별 신경망이, 상기 정상 이미지를 이용하여, 상기 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 생성한 판별 손실 값을 더 입력 받아, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 상기 생성 신경망을 학습시키는

인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는데 이용되는 신경망을 학습시키는 방법.

청구항 11

비정상 영역 검출 프로그램을 저장하는 메모리; 및

상기 비정상 영역 검출 프로그램을 실행하여, 피검사자의 인체 기관을 촬영한 의료 이미지를 획득하고, 기 학습된 신경망을 이용하여, 상기 인체 기관에 대한 적어도 하나의 정상 이미지를 생성하고, 상기 의료 이미지 중에서 상기 적어도 하나의 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 적어도 하나의 어텐션 맵(attention map)을 생성하고, 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵들에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하고, 상기 검출된 비정상 영역에 기초하여, 비정상 스코어(anomaly score)를 산출하는 프로세서를 포함하는

비정상 영역 검출 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 신경망은 생성 신경망 및 판별 신경망을 포함하고,

상기 생성 신경망은,

상기 인체 기관을 기 촬영한 참조 이미지를 입력 받으면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습되고,

상기 판별 신경망은,

상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지의 진위 여부를 판별하도록 기 학습된

비정상 영역 검출 장치.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 판별 신경망은,

상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지를 이용하여, 상기 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 하는 판별 손실 값을 생성하고,

상기 생성 신경망은,

상기 판별 손실 값을 더 입력 받아 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습된

비정상 영역 검출 장치.

청구항 14

제11 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 어텐션 맵은 복수의 영역들을 포함하고,

상기 프로세서는,

상기 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵을 상기 복수의 영역들 별로 비교하여, 상기 복수의 영역들 각각에 대해, 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수를 산출하고,

상기 복수의 영역들 중에서 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수가 기 설정된 기준 값 이상인 영역을, 상기 비정상 영역으로 결정하는

비정상 영역 검출 장치.

청구항 15

컴퓨터 프로그램을 저장하고 있는 컴퓨터 판독 가능 기록매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은,

제1 항 내지 제10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는

컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 16

컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장되어 있는 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 컴퓨터 프로그램은,

제1 항 내지 제10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 프로세서가 수행하도록 하기 위한 명령어를 포함하는

컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법, 상기 방법을 수행하는 비정상 영역 검출 장치, 및 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는데 이용되는 신경망을 학습시키는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 의료 분야에 있어서, 환자의 신체 내부의 이상을 살펴보기 위해, 컴퓨터 단층 촬영(Computer Tomography, CT), 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI) 등으로 촬영한 의료 이미지를 이용한다. 일반적으로 의사가 이러한 의료 이미지를 판독함으로써 환자의 상태를 진단하는 과정을 거친다.

[0003] 의료 이미지로부터 병변을 보다 빠르고 정확하게 파악하기 위해, 기 학습된 인공 신경망을 이용하여 의료 이미지로부터 병변을 검출하는 방안을 고려해볼 수 있다.

[0004] 다만, 희귀 질병의 경우, 인공 신경망을 학습시키기에 케이스가 충분하지 않거나, 인공 신경망을 잘못 학습시킴에 따라 병변을 파악하는 성능이 낮게 되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 어텐션 맵(attention map)들 사이에 위양성(false positive) 감소를 수행하여 비정상 영역을 판별하고, 판별 신경망을 이용하여 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 함으로써 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 해결하고자 하는 과제는 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치에 의해 수행되는 인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는 방법은, 피검사자의 상기 인체 기관을 촬영한 상기 의료 이미지를 획득하는 단계; 기 학습된 신경망을 이용하여, 상기 인체 기관에 대한 적어도 하나의 정상 이미지를 생성하는 단계; 상기 의료 이미지 중에서 상기 적어도 하나의 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 적어도 하나의 어텐션 맵(attention map)을 생성하는 단계; 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하는 단계; 및 상기 검출된 비정상 영역에 기초하여, 비정상 스코어(anomaly score)를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 신경망은 생성 신경망 및 판별 신경망을 포함하고, 상기 생성 신경망은, 잠재 벡터를 입력 받으면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습되고, 상기 판별 신경망은, 상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지의 진위 여부를 판별하도록 기 학습된 것일 수 있다.

[0009] 상기 판별 신경망은, 상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지를 이용하여, 상기 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 하는 판별 손실 값을 생성하고, 상기 생성 신경망은, 상기 판별 손실 값을 더 입력 받아 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 기 학습된 것일 수 있다.

[0010] 상기 잠재 벡터는, 상기 정상 이미지와 상기 정상 이미지의 레이블 데이터인 참조 의료 이미지와의 영상 차이 손실과 상기 판별 손실을 입력 받아 최적화된 것일 수 있다.

[0011] 상기 잠재 벡터는, 기 촬영된 참조 의료 이미지를 입력 받으면 상기 잠재 벡터를 생성하도록 기 학습된 인코더로부터 생성된 것일 수 있다.

[0012] 상기 적어도 하나의 어텐션 맵은 복수의 영역들을 포함하고, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하는 단계는, 상기 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵을 상기 복수의 영역들 별로 비교하여, 상기 복수의 영역들 각각에 대해, 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수를 산출하는 단계; 및 상기 복수의 영역들 중에서 상기 상이한 영역으로 판정된 횟수가 기 설정된 기준 값 이상인 영역을, 상기 비정상 영역으로 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 비정상 스코어를 산출하는 단계는, 상기 의료 이미지에서 상기 검출된 비정상 영역과 정상 영역의 강도(intensity) 차이를 스칼라 값으로 변환하여 상기 비정상 스코어를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 비정상 스코어를 산출하는 단계는, 상기 의료 이미지 상의 영역 별 중요도에 기초하여 상기 비정상 영역에 가중치를 부여하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 상기 방법은, 기 학습된 비정상 스코어 결정 신경망에 상기 비정상 스코어를 입력하여 상기 의료 이미지의 비정상 여부를 판별하는 단계를 더 포함하고, 상기 기 학습된 비정상 스코어 결정 신경망은, 비정상 영역이 기 검출된 참조 의료 이미지에 대한 참조 비정상 스코어를 입력 받으면, 상기 참조 의료 이미지의 비정상 여부를 출력하도록 기 학습된 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 실시예에 따른 생성 신경망과 판별 신경망을 포함하고, 인체 기관을 촬영한 의료 이미지에서 비정상 영역을 검출하는데 이용되는 신경망을 학습시키는 방법은, 랜덤 노이즈를 입력 받으면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 상기 생성 신경망을 학습시키는 단계; 및 상기 생성 신경망이 출력한 상기 정상 이미지를 입력 받으면, 상기 정상 이미지의 진위 여부를 출력하도록 상기 판별 신경망을 학습시키는 단계를 포함하고, 상기 생성 신경망을 학습시키는 단계는, 상기 판별 신경망이, 상기 정상 이미지를 이용하여, 상기 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 생성한 판별 손실 값을 더 입력 받아, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 상기 생성 신경망을 학습시킬 수 있다.

[0017] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치는, 비정상 영역 검출 프로그램을 저장하는 메모리; 및 상기 비정상 영역 검출 프로그램을 실행하여, 피검사자의 인체 기관을 촬영한 의료 이미지를 획득하고, 기 학습된 신경망을 이용하여, 상기 인체 기관에 대한 적어도 하나의 정상 이미지를 생성하고, 상기 의료 이미지 중에서 상기 적어도 하나의 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 적어도 하나의 어텐션 맵(attention map)을 생성하고, 기 생성된 어텐션 맵과 상기 적어도 하나의 어텐션 맵들에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 상기 의료 이미지 내에서 상기 비정상 영역을 검출하고, 상기 검출된 비정상 영역에 기초하여, 비정상 스코어(anomaly score)를 산출하는 프로세서를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예에 의하면, 어텐션 맵들 사이에 위양성 감소를 수행하여 비정상 영역을 판별함으로써, 비정상 영역을 판별하는 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0019] 또한, 판별 신경망을 이용하여 생성 신경망이 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 함으로써, 생성 신경망이 정상 이미지를 생성하는 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치를 나타내는 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 프로그램의 기능을 개념적으로 나타내는 블록도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 정상 이미지 생성부에 포함되는 정상 이미지 생성 신경망을 학습시키는 방법을 나타낸다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 생성기에 입력되는 잠재 벡터를 최적화시키는 일 실시예를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 생성기에 입력되는 잠재 벡터를 최적화시키는 다른 실시예를 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출부에 포함되는 비정상 스코어 결정 신경망을 학습시키는 일 실시예를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 비정상 영역 검출부에 포함되는 비정상 스코어 결정 신경망을 학습시키는 다른 실시예를 나타낸다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치가 의료 이미지로부터 비정상 영역을 검출하는 일 예시를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명의 이점 및 특징, 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 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0022] 본 발명의 실시예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치를 나타내는 블록도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 비정상 영역 검출 장치(100)는 프로세서(110), 입출력 장치(120) 및 메모리(130)를 포함할 수 있다.

[0025] 프로세서(110)는 비정상 영역 검출 장치(100)의 동작을 전반적으로 제어할 수 있다.

[0026] 프로세서(110)는, 입출력 장치(120)를 이용하여, 인체 기관을 실제로 촬영한 의료 이미지를 입력 받을 수 있다.

[0027] 본 명세서에서는, 인체 기관을 촬영한 의료 이미지가 입출력 장치(120)를 통해 입력되는 것으로 설명하였지만, 이에 한정되지 않는다. 즉, 실시예에 따라, 비정상 영역 검출 장치(100)는 송수신기(미도시)를 포함할 수 있고, 비정상 영역 검출 장치(100)는 송수신기(미도시)를 이용하여 상기 의료 이미지를 수신할 수도 있으며, 상기 의료 이미지는 비정상 영역 검출 장치(100) 내에서 생성될 수도 있다.

[0028] 또한, 본 명세서에서, 인체 기관은 폐, 간, 신장 등 인체의 장기일 수도 있으며, 뇌 등 인체의 장기가 아닌 다른 기관일 수도 있다. 즉, 본 명세서에서의 인체 기관은 컴퓨터 단층 촬영(Computed tomography, CT), 자기 공명 영상 진단(Magnetic Resonance Imaging, MRI) 등을 통해서 촬영 가능한 인체의 기관(부위) 중 어느 하나일 수 있다.

[0029] 프로세서(110)는, 입출력 장치(120)를 이용하여, 의료 이미지가 입력되면, 의료 이미지 내에 존재하는 비정상

영역을 검출하고, 의료 이미지의 비정상 스코어를 산출할 수 있다.

[0030] 본 명세서에서, 비정상 영역이라 함은, 정상 영역이 아닌 영역으로서, 병변 등 질병이 존재하거나 존재할 수 있는 영역을 의미할 수 있다.

[0031] 입출력 장치(120)는 하나 이상의 입력 장치 및/또는 하나 이상의 출력 장치를 포함할 수 있다. 예컨대, 입력 장치는 마이크, 키보드, 마우스, 터치 스크린 등을 포함하고, 출력 장치는 디스플레이, 스피커 등을 포함할 수 있다.

[0032] 메모리(130)는 비정상 영역 검출 프로그램(200) 및 비정상 영역 검출 프로그램(200)의 실행에 필요한 정보를 저장할 수 있다.

[0033] 본 명세서에서 비정상 영역 검출 프로그램(200)은 의료 이미지를 입력 받고, 의료 이미지로부터 비정상 영역을 검출하고, 비정상 스코어를 산출하기 위한 명령어들을 포함하는 소프트웨어를 의미할 수 있다.

[0034] 프로세서(110)는 비정상 영역 검출 프로그램(200)을 실행하기 위하여 메모리(130)에서 비정상 영역 검출 프로그램(200) 및 비정상 영역 검출 프로그램(200)의 실행에 필요한 정보를 로드할 수 있다.

[0035] 프로세서(110)는, 비정상 영역 검출 프로그램(200)을 실행하여, 입력 받은 의료 이미지로부터 비정상 영역 및 비정상 스코어를 출력할 수 있다. 비정상 영역 검출 프로그램(200)의 기능 및/또는 동작에 대하여는 도 2를 통해 상세하게 살펴보기로 한다.

[0036] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 프로그램의 기능을 개념적으로 나타내는 블록도이다.

[0037] 도 2를 참조하면, 비정상 영역 검출 프로그램(200)은 정상 이미지 생성부(210), 어텐션 맵 생성부(220) 및 비정상 영역 검출부(230)를 포함할 수 있다.

[0038] 도 2에 도시된 정상 이미지 생성부(210), 어텐션 맵 생성부(220) 및 비정상 영역 검출부(230)는 비정상 영역 검출 프로그램(200)의 기능을 쉽게 설명하기 위하여 비정상 영역 검출 프로그램(200)의 기능을 개념적으로 나눈 것으로서, 이에 한정되지 않는다. 실시예들에 따라, 정상 이미지 생성부(210), 어텐션 맵 생성부(220) 및 비정상 영역 검출부(230)의 기능은 병합/분리 가능하며, 하나의 프로그램에 포함된 일련의 명령어들로 구현될 수도 있다.

[0039] 정상 이미지 생성부(210)는 피검사자의 인체 기관을 촬영한 의료 이미지가 입력되면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지를 복수 개 생성할 수 있다.

[0040] 본 명세서에서 정상 이미지라 함은, 질병이 없는, 정상 상태의 인체 기관에 대한 이미지를 의미할 수 있다.

[0041] 실시예에 따라, 정상 이미지 생성부(210)는 기 학습된 정상 이미지 생성 신경망을 포함할 수 있다. 정상 이미지 생성부(210)는, 상기 정상 이미지 생성 신경망을 이용하여, 인체 기관에 대한 복수의 정상 이미지를 생성할 수 있다. 예컨대, 상기 정상 이미지 생성 신경망은 StyleGAN2를 포함할 수 있다. 상기 정상 이미지 생성 신경망을 학습시키는 방법은 아래의 도 3에서 보다 자세하게 설명하기로 한다.

[0042] 어텐션 맵 생성부(220)는 정상 이미지 생성부(210)에서 생성한 복수의 정상 이미지들을 입력 받은 의료 이미지와 비교하고, 비교 결과, 의료 이미지 중에서 복수의 정상 이미지들 각각과 상이한 영역을 판별하여 복수의 어텐션 맵(attention map)들을 생성할 수 있다.

[0043] 즉, 어텐션 맵 생성부(220)는 의료 이미지를, 복수의 정상 이미지들 중에서 제1 정상 이미지와 비교하고, 의료 이미지 중에서 제1 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 제1 어텐션 맵을 생성하며, 복수의 정상 이미지들 중에서 제2 정상 이미지와 비교하고, 의료 이미지 중에서 제2 정상 이미지와 상이한 영역을 판별하여 제2 어텐션 맵을 생성할 수 있다.

[0044] 여기서, 상이한 영역이라 함은, 해당 영역이 정상 이미지와 비교하여, 색상 값이 상이하거나, 크기가 상이하거나, 모양이 상이한 경우를 의미할 수 있으나, 이에 한정하지 않는다. 즉, 본 명세서에서 상이한 영역이라 함은, 정상 이미지와는 다른 영역으로서, 질병 가능성이 있는 영역을 의미할 수 있다.

[0045] 실시예에 따라, 상기 어텐션 맵에는 의료 이미지 중에서 정상 이미지와 상이한 영역이 정상 영역들과 구분 가능하도록 표시될 수 있다.

[0046] 또한, 실시예에 따라, 어텐션 맵 생성부(220)는 상이한 영역을, 의료 이미지의 픽셀 단위로 판별할 수 있으며,

의료 이미지 내에서 구분 가능한 인체 기관의 영역 단위로 판별할 수도 있다.

[0047] 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵들에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 의료 이미지 상의 비정상 영역을 검출할 수 있다.

[0048] 보다 자세하게는, 어텐션 맵은 복수의 영역들을 포함하며, 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵들을 영역 별로 비교하여, 해당 영역이 비정상인지 여부를 판별할 수 있다.

[0049] 즉, 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵에 포함된 영역이 상이한 영역으로 판별된 횟수를 계산하고, 상이한 영역으로 판별된 횟수가 기 설정된 기준 값 이상(초과)인 경우, 비정상 영역 검출부(230)는 해당 영역을 비정상 영역으로 결정할 수 있다.

[0050] 반면, 복수의 어텐션 맵에 포함된 영역이 상이한 영역으로 판별된 횟수를 계산한 결과, 상이한 영역으로 판별된 횟수가 기 설정된 기준 값 미만(이하)인 경우, 비정상 영역 검출부(230)는 해당 영역은 비정상 영역이 아니라고 결정할 수 있다.

[0051] 정상 이미지 생성부(210)에서 생성하는 정상 이미지들은 모두 정상 상태이지만, 그 형태나 모양은 조금씩 상이할 수 있으며, 그로 인하여, 정상 이미지들 각각에 대응되는 어텐션 맵들에 포함된 영역들 또한, 위치나 형태가 상이할 수 있다. 따라서, 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵들 사이에 위양성 감소를 수행함으로써, 의료 이미지 상의 비정상 영역을 보다 정확하게 검출할 수 있다.

[0052] 본 명세서에서, 위양성 감소라 함은, 비정상 영역이 아닌데 비정상 영역으로 검출된 영역을 제거하는 것으로서, 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵들을 영역 별로 상이한 영역인지 여부를 비교함으로써, 해당 영역에 대한 위양성 감소를 수행할 수 있다.

[0053] 또한, 비정상 영역 검출부(230)는, 비정상 영역을 검출한 결과를 이용하여, 의료 이미지에 대한 비정상 스코어(anomaly score)를 더 결정할 수 있다.

[0054] 도 6을 더 참조하면, 비정상 영역 검출부(230)는 비정상 영역이 검출된 의료 이미지에서 비정상 영역과 정상 영역의 강도(intensity) 차이를 스칼라 값으로 변환하여 비정상 스코어를 계산할 수 있다.

[0055] 실시예에 따라, 비정상 영역 검출부(230)는 비정상 스코어를 계산할 때 의료 이미지 상의 부위 별 중요도에 따른 가중치를 부여할 수 있다.

[0056] 예컨대, 뇌에 대한 CT를 촬영한 의료 이미지의 경우, 비정상 영역 검출부(230)는 의료 이미지 중에서 두개골에 해당하는 비정상 영역은 낮은 가중치(또는 제로 가중치)를 부여하고, 의료 이미지 중에서 뇌(예컨대, 뇌 중에서 전두엽, 측두엽, 간뇌 등 중요 부위)에 해당하는 비정상 영역은 높은 가중치를 부여하여 비정상 스코어를 계산할 수 있다.

[0057] 실시예에 따라, 비정상 영역 검출부(230)는 비정상 스코어를 결정하도록 기 학습된 비정상 스코어 결정 신경망을 포함할 수 있다. 비정상 영역 검출부(230)는, 상기 비정상 스코어 결정 신경망을 이용하여, 비정상 영역이 검출된 의료 이미지의 비정상 스코어로부터 상기 의료 이미지의 정상/비정상 여부를 결정할 수 있다.

[0058] 상기 비정상 스코어 결정 신경망을 학습시키는 방법은 아래의 도 7에서 보다 자세하게 설명하기로 한다.

[0059] 비정상 영역 검출부(230)는 검출된 비정상 영역에 표시된 의료 이미지 및 결정된 비정상 스코어(또는 정상/비정상 여부)를 출력할 수 있다.

[0060] 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 정상 이미지 생성부에 포함되는 정상 이미지 생성 신경망을 학습시키는 방법을 나타낸다.

[0061] 도 3을 참조하면, 정상 이미지 생성부(210)에 포함된 정상 이미지 생성 신경망은 생성기(Generator)(211) 및 판별기(Discriminator)(213)를 포함할 수 있다.

[0062] 생성기(211)는 잠재 벡터(latent vector)를 입력 받으면, 인체 기관에 대한 정상 이미지를 출력하도록 학습되고, 생성한 정상 이미지를 판별기(213)로 전송할 수 있다.

[0063] 판별기(213)는 생성기(211)가 생성한 정상 이미지를 입력 받으면, 정상 이미지의 진위 여부를 출력하도록 학습될 수 있다. 판별기(213)는 정상 이미지의 진위 여부를 출력하기 위하여, 정상 상태의 인체 기관을 기 촬영한 복수의 참조 의료 이미지들을 더 입력받을 수 있다.

[0064] 따라서, 판별기(213)는 참조 의료 이미지들을 이용하여, 정상 이미지의 진위 여부를 출력하도록 학습될 수 있다.

[0065] 판별기(213)는, 출력한 정상 이미지의 진위 여부를 이용하여 생성기(211) 및 판별기(213) 자신을 더 학습시키기 위해, 판별 손실(discriminator loss)을 생성할 수 있다.

[0066] 이를 위해, 판별기(213)는 정상 이미지의 진위 여부에 대한 정답을 더 입력 받을 수 있다. 판별기(213)는 진위 여부에 대한 정답을, 실제 출력한 진위 여부와 비교하고, 비교한 결과로서 판별 손실을 생성할 수 있다.

[0067] 예컨대, 판별기(213)는 0 ~ 1 사이의 값을 출력하는데, 판별기(213)가 출력한 값이 0에 가까울수록 입력 받은 정상 이미지는 가짜라고 판별되고, 1에 가까울수록 입력 받은 정상 이미지는 진짜라고 판별될 수 있다.

[0068] 입력 받은 정상 이미지에 대해, 판별기(213)가 0.7을 출력하고, 진위 여부 판단에 대한 정답은 진짜(1)인 경우, 0.3(= 1 - 0.7)이 판별 손실로 결정될 수 있다.

[0069] 따라서, 판별기(213)는 생성기(211) 및 판별기(213)를 더 학습시키기 위한 피드백 데이터로서, 판별 손실을 생성기(211)에 전송하고, 판별기(213) 자신에게 다시 입력할 수 있다.

[0070] 생성기(211)는 StyleGAN2의 특성 상, 정상 이미지 뿐만 아니라, 비정상 이미지도 학습하여 생성할 수 있는데, 이러한 특성에 기초하여, 상기 판별 손실은 생성기(211)가 비정상 이미지를 생성하지 못하도록 생성기(211)를 조절할 수 있으며, 상기 판별 손실로 인하여, 생성기(211)는 정상 이미지 만을 생성할 수 있다.

[0071] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 생성기에 입력되는 잠재 벡터를 최적화시키는 일 실시예를 나타낸다.

[0072] 도 4를 참조하면, 기 학습된 생성기(211)는 잠재 벡터를 입력 받아 정상 이미지를 생성할 수 있는데, 생성기(211)에 입력되는 잠재 벡터는 생성기(211)가 정상 이미지를 생성하도록 최적화(optimization)될 수 있다. 이러한 과정을 추론(inference)이라 하며, 이때 생성기(211)와 판별기(213)는 도 3에서 설명한 방법을 이용하여 기 학습된 것일 수 있다.

[0073] 즉, 잠재 벡터는 랜덤 노이즈로 초기화된 후 생성기(211)의 정상 이미지 생성 및 판별기(213)의 진위 여부 판별 과정을 적어도 한번 이상 거치면서, 생성기(211)에서 정상 이미지를 생성하는데 더 적합하도록 최적화될 수 있다.

[0074] 보다 자세하게는, 잠재 벡터는 판별기(210)에서 생성한 판별 손실(discriminator loss)과 영상 차이 손실에 기초하여 최적화될 수 있는데, 여기서 영상 차이 손실은 생성기(211)에서 생성한 정상 이미지와, 정상 이미지의 레이블 데이터로서 참조 의료 이미지(즉, 정상 이미지는 참조 의료 이미지와 가장 유사하다고 생성된 이미지)와의 영상 차이에 따른 손실을 의미할 수 있다.

[0075] 즉, 잠재 벡터는 판별 손실 및 영상 차이 손실이 최소화 되도록 변경될 수 있으며, 이러한 과정을 잠재 벡터의 최적화 과정(또는 추론 과정)이라고 할 수 있다.

[0076] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 생성기에 입력되는 잠재 벡터를 최적화시키는 다른 실시예를 나타낸다.

[0077] 도 5를 참조하면, 도 4와 동일하게, 잠재 벡터는 생성기(211)에서 정상 이미지를 생성하는데 더 적합하도록 최적화될 수 있는데, 최적화되는 잠재 벡터는 인코더(215)에 의해 생성된 것일 수 있다.

[0078] 보다 자세하게는, 인코더(215)는 참조 의료 이미지를 입력 받으면 생성기(211)에 입력할 최적의 잠재 벡터를 생성할 수 있으며, 실시예에 따라 인코더(215)는 최적의 잠재 벡터를 생성하도록 기 학습된 신경망일 수 있다.

[0079] 인코더(215)는 생성기(211)에 입력할 최적의 잠재 벡터를 생성함으로써, 잠재 벡터를 최적화하는 과정은 간소화될 수 있다.

[0080] 즉, 실시예에 따라, 도 4에 따른 방법을 이용하여 잠재 벡터를 최적화하기 위해서, 잠재 벡터를 생성기(211)에 입력하고, 판별 손실 및 영상 차이 손실을 이용하여 잠재 벡터를 최적화하는 과정을 수십, 수백 번 반복해야 하지만, 도 5에 따른 방법을 이용하여 잠재 벡터를 최적화하는 경우, 잠재 벡터를 최적화 하는 과정을 반복하는 횟수를 상당히 줄일 수 있다.

[0081] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 비정상 영역 검출부에 포함되는 비정상 스코어 결정 신경망을 학습시키는 방법을 나타낸다.

[0082] 도 7을 참조하면, 비정상 영역 검출부(230)에 포함된 비정상 스코어 결정 신경망은 참조 의료 이미지와 참조 정

상 이미지를 비교하여 계산된 참조 의료 이미지의 비정상 스코어를 입력 받아, 상기 참조 의료 이미지의 비정상 여부를 출력하도록 학습될 수 있다.

[0083] 보다 자세하게는, 참조 의료 이미지의 비정상 스코어는, 참조 의료 이미지와 참조 정상 이미지를 비교하여 어텐션 맵을 생성하고, 생성된 어텐션 맵 중에서 비정상 영역의 강도(intensity) 차이를 스칼라 값으로 치환함으로써 계산될 수 있다. 비정상 결정 신경망은 스칼라 값으로 치환된 비정상 스코어를 입력 받으면, 비정상 스코어가 임계 값을 초과하는지(또는 같거나 큰지) 여부를 결정하고, 임계 값을 초과하는 경우 상기 참조 의료 이미지가 비정상이라고 결정하도록 학습될 수 있다. 이때, 비정상 결정 신경망은 참조 의료 이미지의 정상/비정상을 결정하는데 이용되는 최적의 임계 값을 결정하도록 학습될 수 있다.

[0084] 도 7에서는 설명의 편의를 위해, 비정상 결정 신경망은 비정상 스코어를 입력받아 참조 의료 이미지의 정상 여부를 결정하는 것으로 설명하였지만, 이에 한정되지 않는다. 즉, 실시예에 따라, 비정상 결정 신경망은 참조 의료 이미지와 참조 정상 이미지를 입력받아, 입력된 참조 의료 이미지의 비정상 여부를 결정할 수 있으며, 이와 같은 경우, 비정상 결정 신경망은 비정상 스코어의 계산 또한 수행할 수 있다.

[0085] 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 비정상 영역 검출 장치가 의료 이미지로부터 비정상 영역을 검출하는 일 예시를 나타낸다.

[0086] 도 2 및 도 8을 참조하면, 정상 이미지 생성부(210)는 피검사자의 인체 기관을 촬영한 의료 이미지(MI)가 입력되면, 상기 인체 기관에 대한 정상 이미지(NI)를 복수 개 생성할 수 있다.

[0087] 어텐션 맵 생성부(220)는 정상 이미지 생성부(210)에서 생성한 복수의 정상 이미지들(NI)을 입력받은 의료 이미지(MI)와 비교하고, 비교 결과, 의료 이미지(MI) 중에서 복수의 정상 이미지들 각각과 상이한 영역을 판별하여 복수의 어텐션 맵들(AM)을 생성할 수 있다.

[0088] 어텐션 맵 생성부(220)는 어텐션 맵(AM)에 포함된, 의료 이미지 중에서 정상 이미지와 상이한 영역을, 의료 이미지와는 다른 색으로 표현할 수 있다. 실시예에 따라, 어텐션 맵 생성부(220)는 상이한 정도에 따라 서로 다른 색으로 상이한 영역을 표현할 수도 있다.

[0089] 도 8에 도시된 바와 같이, 의료 이미지는 흑백 이미지이나, 어텐션 맵(AM)에는 컬러 영역들이 포함될 수 있으며, 컬러 영역으로 표현된 부분은 상기 상이한 영역을 의미할 수 있다. 여기서, 붉은 정도에 따라, 상이한 정도가 다를 수 있으며, 붉을수록 더 상이한 영역을 의미할 수도 있다.

[0090] 비정상 영역 검출부(230)는 복수의 어텐션 맵들(AM)에 위양성 감소(false positive reduction)를 수행하여, 비정상 영역이 검출된 이미지(AI)를 생성하고, 비정상 스코어(또는 비정상 여부)를 결정할 수 있다.

[0091] 도 8에 도시된 바와 같이, 어텐션 맵(AM)과 비정상 영역이 검출된 이미지(AI)는 복수의 어텐션 맵들에 포함된 영역이 상이한 영역으로 판별된 횟수에 기초하여 결정될 수 있으며, 그 결과, 비정상 영역은 흑백과는 다른 색으로 표현될 수 있다.

[0092] 본 발명에 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록 또는 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방법으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 또는 흐름도 각 단계에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 및 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0093] 또한, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시

되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들 또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0094] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 품질에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 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. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0095] 100: 비정상 영역 검출 장치

200: 비정상 영역 검출 프로그램

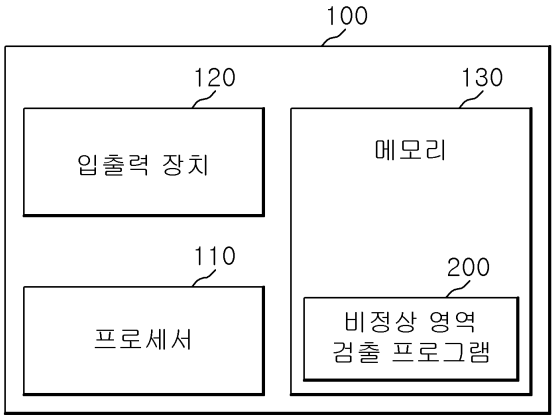
210: 정상 이미지 생성부

220: 어텐션 맵 생성부

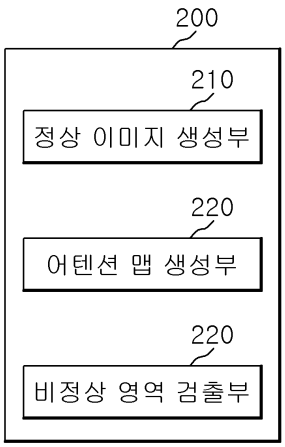
230: 비정상 영역 검출부

도면

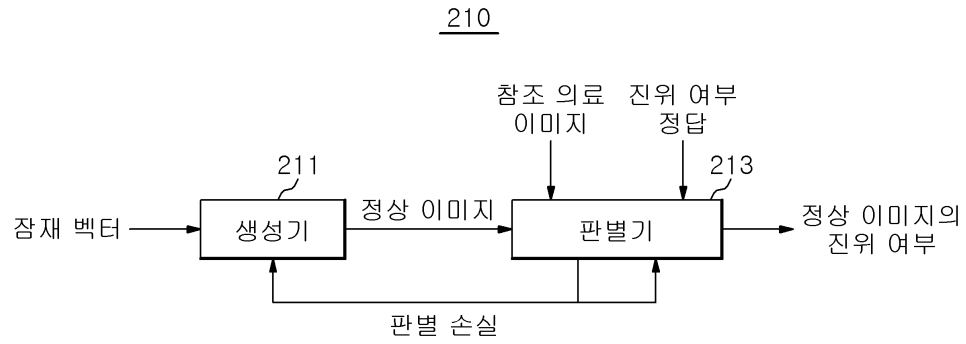
도면1



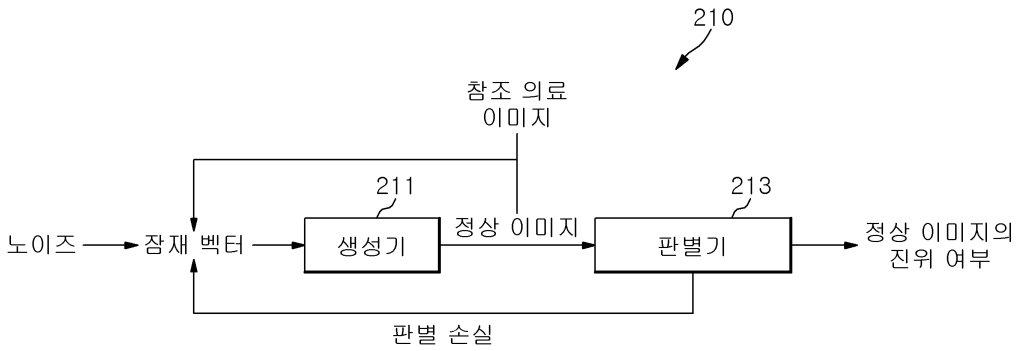
도면2



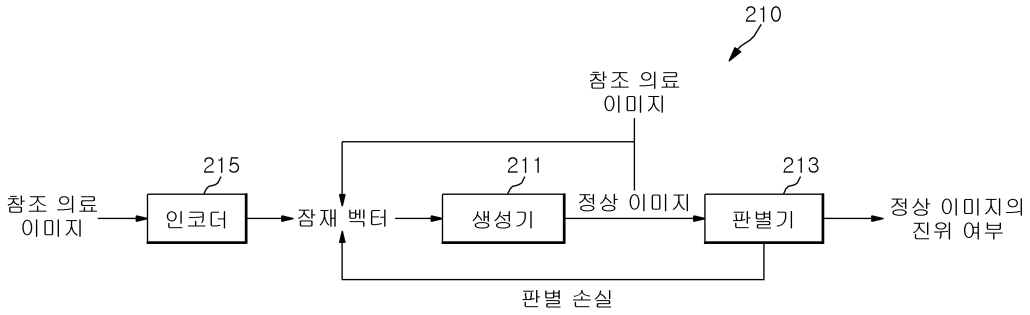
도면3



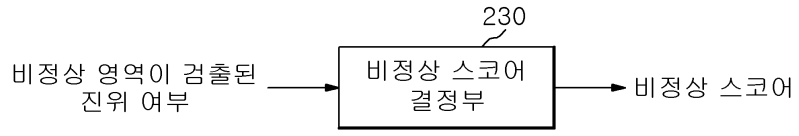
도면4



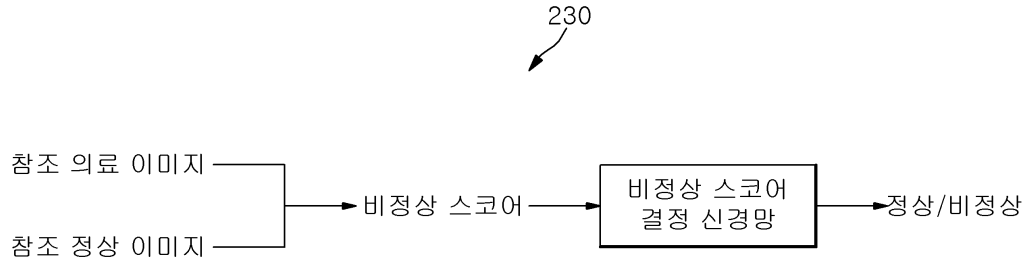
도면5



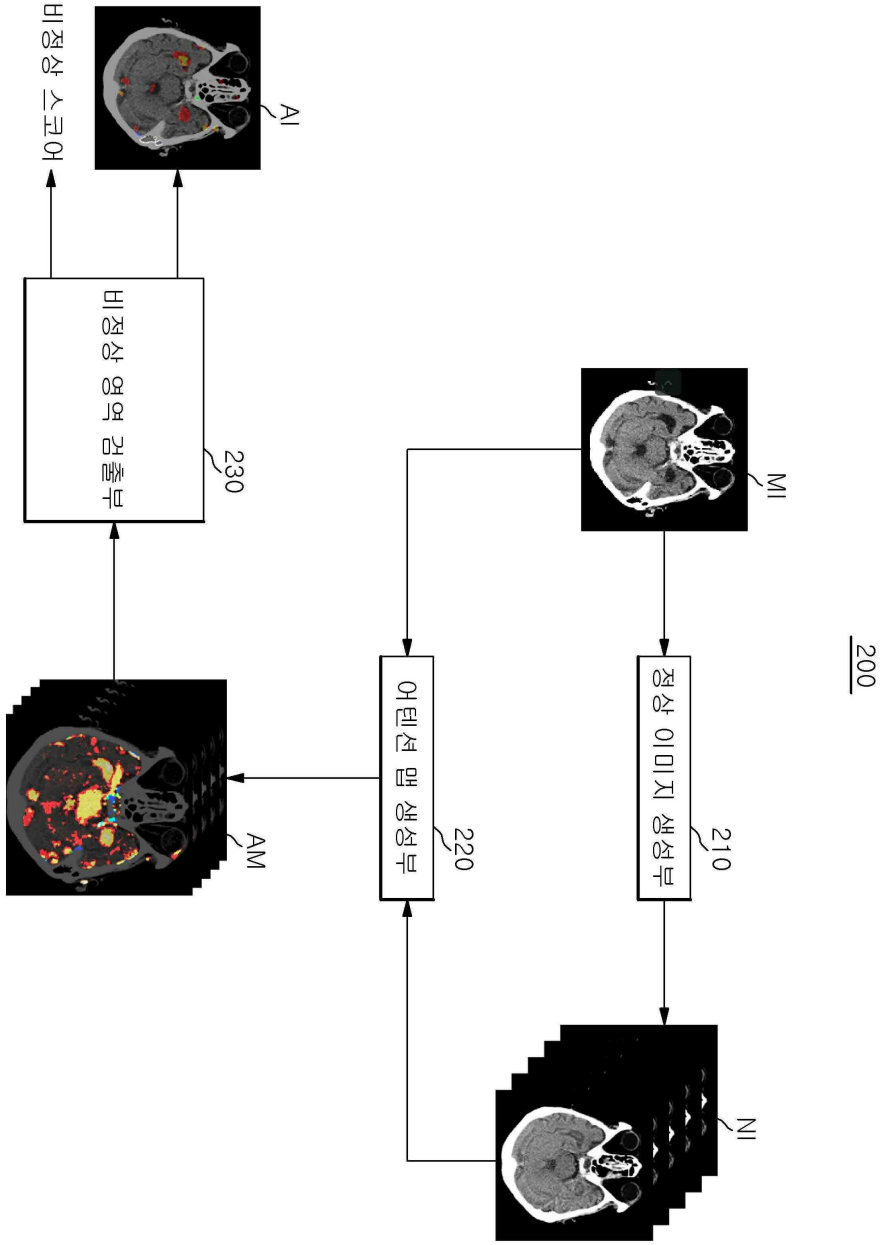
도면6



도면7


230
참조 의료 이미지
참조 정상 이미지
비정상 스코어
비정상 스코어 결정 신경망
정상/비정상

도면8


비정상 스코어
AI
비정상 영역 검출부
230
MI
어텐션 맵 생성부
220
정상 이미지 생성부
210
200
AM
NI