(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년07월09일
(11) 등록번호 10-1874348
(24) 등록일자 2018년06월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 19/00 (2018.01) *G06K 9/32* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G16H 50/20 (2018.01)
G06K 9/3233 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0155988
(22) 출원일자 2017년11월21일
심사청구일자 2017년11월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140065594 A*
KR1020140108417 A*
KR1020150094080 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 뷰노
서울특별시 서초구 강남대로 507 , 6층(반포동, 신태양빌딩)
주식회사 코어라인소프트
서울특별시 마포구 월드컵북로6길 49, 4층, 5층(연남동)
(뒷면에 계속)
(72) 발명자
이재연
서울특별시 성북구 성북로4길 52 한진아파트, 108동 1706호
김병수
경기도 광명시 소하로 9 소하휴먼시아5단지아파트, 507동 1103호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
강주영

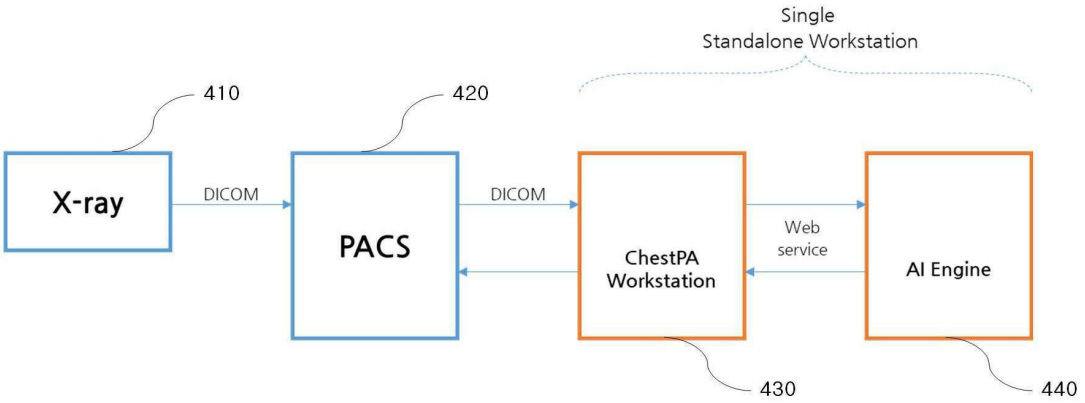
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 태정범

(54) 발명의 명칭 **피검체의 흉부 PA 영상의 판독을 지원하는 방법 및 이를 이용한 장치**

(57) 요 약

본 발명은 피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 방법 및 이를 이용한 컴퓨팅 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명에 따른 컴퓨팅 장치는, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하고, 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하며, 생성된 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G06K 9/6267 (2013.01)
G16H 15/00 (2018.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)

(73) 특허권자
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)

(72) 발명자
지현
서울특별시 영등포구 버드나루로 103(브라보), 1004호
박세진
경기도 용인시 수지구 진산로 24 성원아파트, 116동 401호
정규환
서울특별시 관악구 인헌1다길 27-4, 301호
서준범
서울특별시 송파구 양재대로 1089, 2동 408호
김남국
서울특별시 송파구 올림픽로35길 104 장미아파트, 16동 607호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415155822
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자시스템산업핵심기술개발
연구과제명 폐, 간, 심질환 영상판독지원을 위한 인공지능 원천기술개발 및 PACS 연계 상용화
기 여 율 1/1
주관기관 서울아산병원
연구기간 2016.12.01 ~ 2020.11.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 방법에 있어서,

(a) 컴퓨팅 장치가, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하거나 상기 컴퓨팅 장치에 연동되는 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 단계;

(b) 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하는 단계; 및

(c) 상기 판독 보조 정보가 생성되면, 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공하거나 상기 타 장치로 하여금 제공하도록 지원하는 단계

를 포함하고,

상기 판독 보조 정보는,

(i) 상기 흉부 영상에 대한 적어도 하나의 소견 정보, 또는

(ii) 상기 적어도 하나의 소견 정보 및 상기 소견 정보 각각에 대응되는 마스크 영상(mask image)을 포함하되,

상기 마스크 영상은, 상기 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩됨으로써 상기 마스크 영상에 대응되는 개별 소견 정보를 지지하는 표시로서 제공되며,

상기 방법은,

(d) 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득하거나 상기 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 단계

를 더 포함하되,

상기 평가 정보는 상기 소견 정보 및 상기 소견 정보에 대응되는 판독문의 정보를 포함하며,

상기 판독문은, 초기값으로서,

(i) 상기 소견 정보가 정상 소견인 경우에 상기 정상 소견에 대응되도록 제공되는 기본 판독문, 또는 (ii) 상기 소견 정보가 정상 소견이 아닌 경우에 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 적어도 한 세트(set)의 복수개의 판독문 선택지 중에서 상기 컴퓨팅 장치에 의하여 상기 딥 러닝 모델에 기초하여 선택된 결과인 선택형 판독문으로서 획득되고,

상기 (d) 단계는,

상기 외부 엔티티의 수정 입력이 획득되면, 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 외부 엔티티의 수정 입력에 응하여 상기 판독문을 수정하거나 상기 타 장치로 하여금 수정하도록 지원하는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 소견 정보는,

상기 피검체의 흉부에 대한 정상(normal) 소견 및 비정상(abnormal) 소견 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 소견 정보는,

적어도 결절(nodule) 소견, 경화(consolidation) 소견, 흉막 삼출(pleural effusion) 소견, 기흉(pneumothorax) 소견, 간질 혼탁(interstitial opacity) 소견 및 정상(normal) 소견을 포함하는 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 컴퓨팅 장치가, 상기 딥 러닝 모델에 기초하여 다특징 분획 및 분류(multi feature segmentation and classification)를 수행함으로써 상기 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하되, 상기 딥 러닝 모델에 의하여 상기 적어도 하나의 소견 정보 각각의 특징에 대한 ROI 분획(region of interest segmentation) 및 영상 분류(image classification)가 동시에 또는 순차적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

(e) 상기 평가 정보가 획득되면, 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 평가 정보에 기초하여 상기 딥 러닝 모델을 갱신하거나 상기 타 장치로 하여금 갱신하도록 지원하는 단계

를 더 포함하는 흉부 영상 판독 지원 방법.

청구항 8

컴퓨팅 장치로 하여금, 제1항, 제3항, 제4항, 제6항 및 제7항 중 어느 한 항의 방법을 수행하도록 구현된 명령어(instructions)를 포함하는, 기계 판독 가능한 비일시적 기록 매체에 저장된, 컴퓨터 프로그램.

청구항 9

피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 컴퓨팅 장치에 있어서,

상기 피검체의 흉부 영상을 획득하는 통신부; 및

상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 통신부를 통하여 연동되는 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하는 프로세서

를 포함하되,

상기 프로세서는,

상기 판독 보조 정보가 생성되면, 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공하거나 상기 타 장치로 하여금 제공하도록 지원하고,

상기 판독 보조 정보는,

(i) 상기 흉부 영상에 대한 적어도 하나의 소견 정보, 또는

(ii) 상기 적어도 하나의 소견 정보 및 상기 소견 정보 각각에 대응되는 마스크 영상(mask image)을 포함하되,

상기 마스크 영상은, 상기 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩됨으로써 상기 마스크 영상에 대응되는 개별 소견 정보를 지지하는 표시로서 제공되며,

상기 프로세서는,

상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득하거나 상기 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 프로세스를 수행하되,

상기 평가 정보는 상기 소견 정보 및 상기 소견 정보에 대응되는 판독문의 정보를 포함하며,

상기 판독문은, 초기값으로서,

(i) 상기 소견 정보가 정상 소견인 경우에 상기 정상 소견에 대응되도록 제공되는 기본 판독문, 또는 (ii) 상기 소견 정보가 정상 소견이 아닌 경우에 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 적어도 한 세트(set)의 복수개의 판독문 선택지 중에서 상기 컴퓨팅 장치에 의하여 상기 딥 러닝 모델에 기초하여 선택된 결과인 선택형 판독문으로서 획득되고,

상기 프로세서는,

상기 외부 엔티티의 수정 입력이 획득되면, 상기 외부 엔티티의 수정 입력에 응하여 상기 판독문을 수정하거나 상기 통신부를 통하여 연동되는 상기 타 장치로 하여금 수정하도록 지원하는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제9항에 있어서,

프로세서는,

상기 평가 정보가 획득되면, 상기 평가 정보에 기초하여 상기 딥 러닝 모델을 갱신하거나 상기 타 장치로 하여금 갱신하도록 지원하는 것을 특징으로 하는 흉부 영상 판독 지원 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 피검체의 흉부 PA 영상(chest view)의 판독을 지원하는 방법 및 이를 이용한 컴퓨팅 장치에 관한 것이다. 구체적으로, 본 발명에 따른 컴퓨팅 장치는, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하고, 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하며, 생성된 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공한다.

배 경 기 술

[0002] 의료 영상, 특히 흉부 PA(posteroanterior) X선 영상은 신체의 내부, 예컨대, 폐, 기관지, 심장 등의 이상을 관찰할 수 있어 판독용으로 빈번히 이용된다.

[0003] 흉부 PA X선 영상을 통하여 판독될 수 있는 몇몇 소견들은 영상의학과 의사도 다년간의 수련을 통하여서만 이에 대응되는 특징 및 형태를 가까스로 구분해낼 수 있을 정도로 그 판독이 용이하지 않아 인간인 의사가 쉽게 간과할 수 있다. 특히, 결절(nodule)과 같이 그 판독의 난이도가 높을수록 의사가 고도의 주의를 기울여도 미처 간과하는 경우가 발생할 수 있어 문제가 될 소지가 있다.

[0004] 이와 같이 인간이 쉽게 간과할 수 있는 영상의 판독을 보조하기 위하여, 컴퓨터 보조 진단(CAD; computer aided diagnosis)의 필요성이 대두되었는데, 종래의 CAD 기술은 매우 한정된 영역에서 의사의 판단을 보조함에 그친다.

[0005] 예컨대, 대한민국 공개특허공보 제10-2014-0091176호에는, 병변의 진단을 보조하기 위한 장치 및 방법이 개시되

어 있다. 그런데, 이 선행기술문헌에는 병변 주변 영역을 판단하는 판단 모델(혹은 선행기술문헌에서 이와 혼용된 단어로서 '판정 모델')이 수행되는 과정이나 통계학적 내지 전산학적 단계들이 구체적으로 개시되어 있지 않아, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람(이하 '통상의 기술자'라 함)이 그 개시 내용을 읽고 기술을 실시할 수 없다는 문제점이 있다.

[0006] 또한, 대한민국 공개특허공보 제10-2017-0047423호에는, CAD 기반 디지털 엑스레이의 자동 결핵 진단 예측 시스템에 관한 기술 사상이 개시되어 있는바, 여기에서는 대상 폐 이미지에서 결핵 감염 의심 병변을 스크리닝하는데 kNN(k-nearest neighbors algorithm; k-최근접 이웃 알고리즘) 또는 SVM(support vector machine; 서포트 벡터 머신)을 이용하고 있어 병변 자체를 검출해내기 위한 최적의 하이퍼-파라미터(hyper-parameter)를 찾기 위해 결핵 전문가인 의사에 의하여 반복되는 고된 지도 학습(supervised learning)이 요구되는 단점이 있어 병변의 검출 자체의 신뢰성에 1차적 의문이 있으며, 그렇게 해서 검출된 병변 부분에 대해서도 대상 폐 이미지에 대한 '결핵 감염 여부' 에 관한 2-클래스 분류만이 제공되고 있으므로, 다양한 종류의 소견에 대한 정보가 제공될 수 있는지 의문시될 뿐만 아니라, 개별 소견 및 그에 대한 판독문도 제공되지 않아 결국 의사의 주의 깊은 관찰을 통한 번거로운 별도의 소견 판정 및 판독문 작성이 필요하다는 단점이 있다.

[0007] 따라서 본 발명에서는 이러한 문제점들을 해결하여 의료진으로 하여금 보다 효율적이고 정확하게 흉부 PA X선 영상을 판독하고 그 소견 및 판독문을 간편하게 생성 또는 작성할 수 있게 지원하는 흉부 PA 영상의 판독 지원 방법 및 이를 이용한 장치를 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-2014-0091176 A

(특허문헌 0002) KR 10-2017-0047423 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 AI(artificial intelligence; 인공지능)을 이용하여 흉부 영상 판독의 기초가 되는 정보를 의료진에게 제공함으로써 흉부 영상 판독의 편의를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 흉부 영상 판독에 적합화된 사용자 인터페이스를 제공함으로써 의료진으로 하여금 신속하고 정확하게 그 판독 결과 데이터가 생성 및 정리될 수 있게 하는 것을 목적으로 한다.

[0011] 구체적으로, 본 발명은 주요 소견들의 위치, 형태 등 특성과 폐, 기관지, 심장 등의 구조적 특성과 같은 특징들을 자동으로 파악하여 소견 정보 및 판독문의 생성 또는 작성을 용이하게 하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 바와 같은 본 발명의 목적을 달성하고, 후술하는 본 발명의 특징적인 효과를 실현하기 위한 본 발명의 특징적인 구성은 하기와 같다.

[0013] 본 발명의 일 태양에 따르면, 피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 방법이 제공되는바, 그 방법은, (a) 컴퓨팅 장치가, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하거나 상기 컴퓨팅 장치에 연동되는 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 단계; (b) 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하는 단계; 및 (c) 상기 판독 보조 정보가 생성되면, 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공하거나 상기 타 장치로 하여금 제공하도록 지원하는 단계를 포함한다.

[0014] 바람직하게는, 상기 판독 보조 정보는, (i) 상기 흉부 영상에 대한 적어도 하나의 소견 정보, 또는 (ii) 상기 적어도 하나의 소견 정보 및 상기 소견 정보 각각에 대응되는 마스크 영상(mask image)을 포함하되, 상기 마스크 영상은, 상기 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩됨으로써 상기 마스크 영상에 대응되는 개별 소견 정보를 지지하는 표시로서 제공될 수 있다.

[0015] 상기 방법은, (d) 상기 컴퓨팅 장치가, 상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득하거나 상기 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 단계를 더 포함할 수 있으며, 상기 평가 정보는 상기 소견 정보 및 상기 소견 정보에 대응되는 판독문의 정보를 포함하되, 상기 판독문은, (i) 상기 외부 엔티티에 의하여 직접 입력된 정보, (ii) 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 기본 판독문, (iii) 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 판독문 선택지 중에서 상기 딥 러닝 모델에 의하여 선택된 결과인 선택형 판독문, 또는 (iv) 상기 (i) 내지 (iii) 중 어느 하나가 상기 외부 엔티티에 의하여 수정된 결과일 수 있다.

[0016] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 본 발명에 따른 방법을 수행하도록 구현된 명령어(instructions)를 포함하는, 기계 판독 가능한 비일시적 기록 매체에 저장된, 컴퓨터 프로그램도 제공된다.

[0017] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 컴퓨팅 장치가 제공되는바, 그 컴퓨팅 장치는, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하는 통신부; 및 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 통신부를 통하여 연동되는 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하는 프로세서를 포함하되, 상기 프로세서는, 상기 판독 보조 정보가 생성되면, 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에게 제공하거나 상기 타 장치로 하여금 제공하도록 지원한다.

[0018] 바람직하게는, 프로세서가, 상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득하거나 상기 타 장치로 하여금 획득하도록 지원할 수 있으며, 상기 평가 정보가 획득되면, 상기 평가 정보에 기초하여 상기 딥 러닝 모델을 갱신하거나 상기 타 장치로 하여금 갱신하도록 지원할 수도 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 의하면, 흉부 영상의 판독에 적합화된 사용자 인터페이스가 제공됨으로써, 의료진이 보다 손쉽게 흉부 영상의 특징을 파악할 수 있으며, 판독 보조 정보에 기초하여 편리하게 판독 결과를 작성할 수 있는 효과가 있다.

[0020] 특히, 종래의 흉부 영상 판독 방식에서와 같은 주요 소견, 예컨대 결절을 간과하는 것을 방지할 수 있고, 흉부 영상의 판독에 적합화된 사용자 인터페이스를 제공함으로써 의료진으로 하여금 신속하고 정확하게 그 판독 결과의 데이터가 생성 및 정리될 수 있게 할 수 있는 효과가 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 의하면, 효율적인 데이터의 정리가 가능하여 향후 본 발명의 딥 러닝 모델과 같은 AI의 학습을 위한 추가 데이터 취득에 용이하며, 전문가의 사전 지식(privileged knowledge)을 이용하여, 즉, 사전에 전문가가 판단한 질환 특징을 포함하는 학습 데이터에 기초하여 학습된 정보를 이용하여, 흉부 영상의 판독에 용이하게 이용되는 초기의 특징 정보, 예컨대, 주요 소견에 대한 정보 등이 높은 정확도로 제공될 수 있는 효과가 있다.

[0022] 이에 따라, 본 발명에는 주요 소견들의 위치, 형태 등 특성과 폐, 기관지. 심장 등의 구조적 특성과 같은 특징들을 자동으로 파악하여 소견 정보 및 판독문의 생성 또는 작성을 용이하게 하는 효과가 있으며, 개연성이 매우 높은 판독 보조 정보를 시스템에서 생성하여 비합리적인 판독을 방지함으로써 의료진이 실수할 수 있는 여지를 제거하는 효과가 있으며, 향후 사용자의 사용 경험이 축적됨에 따라 딥 러닝 모델이 지속적으로 갱신되어 그 정확도가 높여질 수 있는 장점이 있다.

[0023] 요컨대, 효율적이고 정확한 판독을 가능하게 함으로써 의료진의 시간을 절약하고 진료의 질을 높이고 의료 현장에서의 워크플로(workflow)를 혁신할 수 있는 효과가 있다.

[0024] 그리고 본 발명에 의하면, 종래에 병원에서 이용하고 있는 흉부 영상, 예컨대 X선 촬영 장비 및 의료영상 저장전송 시스템(PACS)에서 획득 및 확보된 영상을 그대로 활용할 수 있는바, 본 발명의 방법이 특정 운영체제(operating system)에 종속되지 않음은 물론이다.

도면의 간단한 설명

[0025] 본 발명의 실시예의 설명에 이용되기 위하여 첨부된 아래 도면들은 본 발명의 실시예들 중 단지 일부일 뿐이며, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 기술자에게 있어서는 발명적 작업이 이루어짐 없이 이 도면들에 기초하여 다른 도면들이 얻어질 수 있다.

도 1은 본 발명에 이용될 수 있는 딥 러닝 모델의 일 예시로서 CNN(convolutional neural network; 합성곱 신

경망)의 주요 개념을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명에 따라 피검체의 흉부 영상(chest view)의 판독을 지원하는 방법(이하 "흉부 영상 판독 지원 방법"이라 함)을 수행하는 컴퓨팅 장치의 예시적 구성을 개략적으로 도시한 개념도이다.

도 3은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소를 도시한 예시적 블록도이다.

도 4는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치가 복수로 구성된 경우에 그 복수의 컴퓨팅 장치 간의 상호작용을 도시한 또 다른 예시적 블록도이다.

도 5는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 일 실시예를 예시적으로 나타낸 흐름도이다.

도 6은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 일 실시예에서 딥 러닝 모델을 통하여 판독 보조 정보를 생성하는 다특징 분획 및 분류(multi feature segmentation and classification) 과정을 개념적으로 도시한 도면이다.

도 7a 내지 도 7d는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 딥 러닝 모델에 의해 학습 데이터로서 이용된 실제 데이터를 예시한 도면들이다.

도 8은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 제공되는 예시적 사용자 인터페이스(UI; user interface)의 구성을 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 소견 정보가 판독 보조 정보로서 제공되는 예시적 사용자 인터페이스의 구성을 나타낸 도면이다.

도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 소견 정보에 대응되는 판독문을 사용자가 입력 또는 수정할 수 있도록 제공되는 예시적 사용자 인터페이스의 구성을 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에 이용되는 딥 러닝 모델의 성능을 평가하기 위한 도구인 ROC 곡선(ROC curve)를 예시하는 도면이다.

도 13은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 이용된 딥 러닝 모델의 ROC 곡선을 예시적으로 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명의 목적들, 기술적 해법들 및 장점들을 분명하게 하기 위하여 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 통상의 기술자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다.

[0027] 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐 'DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine; 의료용 디지털 영상 및 통신)' 표준은 의료용 기기에서 디지털 영상 표현과 통신에 이용되는 여러 가지 표준을 총칭하는 용어인바, DICOM 표준은 미국 방사선 의학회(ACR)와 미국 전기 공업회(NEMA)에서 구성한 연합 위원회에서 발표한다.

[0028] 또한, 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐 의료영상 저장 전송 시스템(PACS; Picture Archiving and Communication System)은 DICOM 표준에 맞게 저장, 가공, 전송하는 시스템을 지칭하는 용어이며, X선, CT, MRI와 같은 디지털 의료영상 장비를 이용하여 획득된 의료영상 이미지는 DICOM 형식으로 저장되고 네트워크를 통하여 병원 내외의 단말로 전송이 가능하며, 이에는 판독 결과 및 진료 기록이 추가될 수 있다.

[0029] 그리고 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐 '학습' 혹은 '러닝'은 절차에 따른 컴퓨팅(computing)을 통하여 기계 학습(machine learning)을 수행함을 일컫는 용어인바, 인간의 교육 활동과 같은 정신적 작용을 지칭하도록 의도된 것이 아님을 통상의 기술자는 이해할 수 있을 것이다.

[0030] 그리고 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들에 걸쳐, '포함하다'라는 단어 및 그 변형은 다른 기술적 특징들, 부가물들, 구성요소들 또는 단계들을 제외하는 것으로 의도된 것이 아니다. 통상의 기술자에게 본 발명의 다른 목적들, 장점들 및 특성들이 일부는 본 설명서로부터, 그리고 일부는 본 발명의 실시로부터 드러날 것이다. 아래의 예시 및 도면은 실례로서 제공되며, 본 발명을 한정하는 것으로 의도된 것이 아니다.

[0031] 더욱이 본 발명은 본 명세서에 표시된 실시예들의 모든 가능한 조합들을 망라한다. 본 발명의 다양한 실시예는

서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0032] 본 명세서에서 달리 표시되거나 분명히 문맥에 모순되지 않는 한, 단수로 지칭된 항목은, 그 문맥에서 달리 요구되지 않는 한, 복수의 것을 아우른다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0033] 이하, 통상의 기술자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0034] **딥 러닝 모델.**

[0035] 도 1은 본 발명에 이용될 수 있는 딥 러닝 모델의 일 예시로서 CNN(convolutional neural network; 합성곱 신경망)의 주요 개념을 도시한 도면이다.

[0036] 도 1을 참조하면 본 발명에서 이용되는 딥 러닝 모델(deep learning model)은 인공 신경망을 다층으로 쌓은 형태로 간략하게 설명할 수 있다. 즉, 깊은 구조의 네트워크라는 의미로 심층 신경망(deep neural network; 딥 뉴럴 네트워크)이라고 표현하며, 도 1에 도시된 바와 같이, 다층의 네트워크로 이루어진 구조에서 다량의 데이터를 학습시킴으로써 각각의 영상의 특징을 자동으로 학습하고, 이를 통해 목적 함수, 즉 치명적 증상의 예측 정확도의 에러(error)를 최소화시키는 방법으로 네트워크를 학습시켜 나아가는 형태이다. 이는, 인간 두뇌의 신경세포 간의 연결에 비교되는바, 이와 같은 심층 신경망은 AI의 차세대 모델로 자리잡아 가고 있다.

[0037] 본 발명에서 활용될 수 있는 딥 러닝 모델 중 특히 CNN(convolutional neural network; 합성 신경망)은 이미지와 같은 2차원 이미지의 분류에 적합한 모델로서, 이미지의 각 영역을 복수의 필터를 이용하여 특징 지도(feature map)를 만들어내는 합성층(convolution layer)과 특징 지도의 크기를 줄여 위치나 회전의 변화에 불변하는 특징을 추출할 수 있도록 하는 sub-sampling layer를 반복함으로써 점, 선, 면 등의 저수준의 특징에서부터 복잡하고 의미 있는 고수준의 특징까지 다양한 수준의 특징을 추출할 수 있게 되며, 최종적으로 추출된 특징을 기존 분류 모델의 입력값으로서 이용하면 더 높은 정확도의 분류 모델을 구축할 수 있게 되는 장점이 있다.

[0038] 다음으로, 도 2는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치의 예시적 구성을 개략적으로 도시한 개념도이다.

[0039] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치(200)는, 통신부(210) 및 프로세서(220)를 포함하며, 상기 통신부(210)를 통하여 외부 컴퓨팅 장치(미도시)와 직간접적으로 통신할 수 있다.

[0040] 구체적으로, 상기 컴퓨팅 장치(200)는, 전형적인 컴퓨터 하드웨어(예컨대, 컴퓨터 프로세서, 메모리, 스토리지, 입력 장치 및 출력 장치, 기타 기존의 컴퓨팅 장치의 구성요소들을 포함할 수 있는 장치; 라우터, 스위치 등과 같은 전자 통신 장치; 네트워크 부착 스토리지(NAS; network-attached storage) 및 스토리지 영역 네트워크(SAN; storage area network)와 같은 전자 정보 스토리지 시스템)와 컴퓨터 소프트웨어(즉, 컴퓨팅 장치로 하여금 특정의 방식으로 기능하게 하는 명령어들)의 조합을 이용하여 원하는 시스템 성능을 달성하는 것일 수 있다.

[0041] 이와 같은 컴퓨팅 장치의 통신부(210)는 연동되는 타 컴퓨팅 장치와 요청과 응답을 송수신할 수 있는바, 일 예시로서 그러한 요청과 응답은 동일한 TCP(transmission control protocol) 세션(session)에 의하여 이루어질 수 있지만, 이에 한정되지는 않는바, 예컨대 UDP(user datagram protocol) 데이터그램(datagram)으로서 송수신될 수도 있을 것이다. 덧붙여, 넓은 의미에서 상기 통신부(210)는 명령어 또는 지시 등을 전달받기 위한 키보드, 마우스, 기타 외부 입력장치를 포함할 수 있다.

[0042] 또한, 컴퓨팅 장치의 프로세서(220)는 MPU(micro processing unit), CPU(central processing unit), GPU(graphic processing unit) 또는 TPU(tensor processing unit), 캐시 메모리(cache memory), 데이터 버스(data bus) 등의 하드웨어 구성을 포함할 수 있다. 또한, 운영체제, 특정 목적을 수행하는 애플리케이션의 소프트웨어 구성을 더 포함할 수도 있다.

[0043] **흉부 영상 판독 지원 장치.**

[0044] 도 3은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치(“흉부 영상 판독 지원 장치”)의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소를 도시한 예시적 블록도이며, 도 4는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치가 복수로 구성된 경우에 그 복수의 컴퓨팅 장치 간의 상호작용을 도시한 또 다른 예시적 블록도이다.

[0045] 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 방법 및 장치의 구성을 개관하면, 컴퓨팅 장치(200)는 그 일 구성요소로서 영상 획득 모듈(310)을 포함할 수 있다. 이와 같은 영상 획득 모듈(310)은 상기 컴퓨팅 장치(200)에 포함된 통신부(210), 또는 상기 통신부(210) 및 프로세서(220)의 연동에 의하여 구현될 수 있음은 통상의 기술자가 이해할 수 있을 것이다.

[0046] 영상 획득 모듈(310)은, 피검체의 흉부 영상(예컨대, 흉부 PA X선 영상)을 획득할 수 있다. 이 흉부 영상은 도 4에 예시된 X선 영상 촬영 기기(410) 또는 이와 연동되는 의료영상 저장 전송 시스템(PACS; 420)로부터 획득되는 것일 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 예를 들어, 피검체의 흉부 영상은 X선 영상 촬영 기기(410)를 통하여 촬영되어 DICOM 표준에 따라 PACS(420)에 전송된 후 컴퓨팅 장치(200)의 영상 획득 모듈(310)에 의하여 획득될 수 있다.

[0047] 다음으로, 그 획득된 흉부 영상은 판별 모듈(320)에 전달될 수 있는데, 판별 모듈(320)에서는 딥 러닝 모델에 기초하여 흉부 영상의 특징을 추출하여 상기 흉부 형상에 관한 판독 보조 정보를 생성하는바, 판독 보조 정보에 관하여는 상세하게 후술하기로 한다.

[0048] 예를 들어 이 딥 러닝 모델은 영상의 일부의 형상 등에 관한 특징을 추출해내기 위하여 분획 네트워크(segmentation networks)를 포함할 수 있는데, 여기에서 이용될 수 있는 분획 네트워크의 실시예는 다음과 같다.

[0049] conv(2)-conv-maxpool(2)-conv(2)-conv-conv-maxpool(2)-conv-conv-conv-maxpool(22)-conv-conv-conv-maxpool(2)-conv-conv-dense(256)-dense(1)

[0050] 이 실시예의 분획 네트워크에 입력되는 흉부 영상의 데이터는 512x512의 z-score로 변환된 RGB 영상의 포맷이었으며, conv와 maxpool의 stride는 (x)로 표현되었다. 또한, 여기에서 활성화(activation) 함수는 selu가, 마지막 dense layer에는 sigmoid가 이용되었으며, 손실(loss) 함수로는 binary cross entropy가 이용되었는데, 다른 데이터 포맷, conv, maxpool의 stride, 활성화 함수, 손실 함수 등이 이용될 수 있음은 통상의 기술자가 이해할 수 있을 것이다.

[0051] 다른 실시예로서 타 네트워크에서는 640x640의 RGB 영상에 대하여 개별 채널마다 z-score를 구하고 분획(segment)된 이미지를 입력으로 이용할 수도 있으며, 예를 들어 batch-normalization이 이용될 수도 있으며, 손실 함수로 binary cross entropy가 이용될 수도 있을 것이다.

[0052] 또 다른 실시예에서는 입력되는 이미지에 대한 전처리로서 업샘플링(upsampling)도 가능한바, 예를 들어 bilinear interpolation을 통하여 길이와 너비를 각각 늘릴 수도 있다.

[0053] 또 다른 일 실시예에서는 VGG(visual geometry group) 네트워크 형태의 합성 블록(convolution block)을 적층하고, 그 합성 블록에 완전 연결층(fully-connected layer)을 연결한 분획 네트워크 모델이 이용될 수도 있다.

[0054] 전술한 판별 모듈(320)에서 이용되는 딥 러닝 모델의 학습은 판별 모듈(320)에서 이루어질 수도 있으며, 별도의 학습 모듈(330)에 의하여 학습될 수도 있다.

[0055] 딥 러닝 모델에 기초하여 흉부 영상에 관하여 판독 보조 정보가 추출되면, 그 판독 보조 정보는 상기 판독 보조 정보에 관하여 평가한 평가 정보와 함께 저장 및 전송 모듈(340)을 통하여 저장되거나 외부 엔티티(entity)에 제공되거나 컴퓨팅 장치(200)에 연동되는 타 장치, 예컨대 PACS(420)에 제공될 수 있다.

[0056] 여기에서 외부 엔티티라고 함은, 상기 컴퓨팅 장치의 사용자, 관리자, 상기 피검체를 담당하는 담당 의료 전문가 등을 포함하나, 이 이외에도 상기 흉부 영상을 판독할 수 있는 주체라면 어느 주체라도 포함되는 것으로 이해되어야 할 것이다. 예를 들어, 상기 외부 엔티티는 외부의 인공지능 장치일 수도 있다.

[0057] 계속해서 도 3을 참조하면, 사용자로부터 상기 평가 정보를 획득할 수 있는 결과 입력 모듈(350), 및 상기 평가 정보에 기초하여 상기 딥 러닝 모델을 갱신할 수 있는 갱신 모듈(360)이 컴퓨팅 장치(200)의 구성요소로서 더

제공될 수 있는바, 이와 같은 모듈들(310 내지 360)은 통신부(210) 및 프로세서(220)에 의하여 구현될 수 있다.

[0058] 도 3에 나타난 구성요소들은 설명의 편의상 하나의 컴퓨팅 장치(예컨대, single standalone workstation)에서 실현되는 것으로 예시되었으나, 본 발명의 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치(200)는 복수로 구성될 수도 있을 것인바, 도 4를 참조하면, 도 3에 예시된 영상 획득 모듈(310) 및 결과 입력 모듈(350)은 사용자에 대한 인터페이스를 제공하기 위한 컴퓨팅 장치인 워크스테이션(workstation; 430)에 포함되는 반면, 판별 모듈(320), 학습 모듈(330) 및 갱신 모듈(360)은 딥 러닝 모델의 기능을 제공하기 위한 컴퓨팅 장치인 AI 엔진(AI engine; 440)에 포함될 수 있을 것이며, 저장 및 전송 모듈(340)은 워크스테이션(430) 및 AI 엔진(440)의 연동에 의하여 구현될 수 있을 것이다. 도 4에서 도시된 바와 같이 워크스테이션(430)과 AI 엔진(440)의 연동은 웹 서비스(web service)에 의할 수 있으나, 이에 한정되지 않음은 물론이다.

[0059] **흉부 영상 판독 지원 방법.**

[0060] 이제 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 일 실시예를 도 5를 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다. 도 5는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 일 실시예를 예시적으로 나타낸 흐름도이다.

[0061] 이 실시예에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 수행에 앞서, 상기 딥 러닝 모델이 미리 학습되는 단계(미도시)를 거쳐야 할 필요가 있는바, 이를 위한 학습 모듈(330)이 상기 프로세서(220)에 의하여 실행될 수 있다.

[0062] 예컨대, 상기 학습 모듈(330)은 다수의 기존 피검체에 대한 개별 흉부 영상 및 이를 레이블링한 데이터, 예를 들어, 의사가 판단한 질환 등의 소견에 관한 데이터 및 그 소견에 해당되는 부위를 표시한 마스크 데이터(mask data)를 학습 데이터로서 이용하여 상기 딥 러닝 모델을 학습할 수 있다. 이를 위한 딥 러닝 모델의 일 예시로서 몇몇 유형의 분획 네트워크가 효과적임은 전술한 바와 같다.

[0063] 도 5를 참조하면, 이 실시예에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법은, 앞서 도 3에 관하여 설명한 바와 같이, 우선, 컴퓨팅 장치(200)의 통신부(210)에 의하여 구현되는 영상 획득 모듈(310)이, 상기 피검체의 흉부 영상을 획득하거나 컴퓨팅 장치(200)에 연동되는 타 장치, 예컨대 PACS(420)로 하여금 획득하도록 지원하는 단계(S510)를 포함한다. 여기에서 상기 흉부 영상은, 흉부 PA(posteroanterior) 영상, 예컨대, 흉부 PA X선 영상일 수 있다. 물론 CT 영상, MRI 영상도 가능하고 이들을 이용하면 신뢰성 높은 진단 결과를 얻을 수 있으나, 상세히 후술하는 바와 같이 본 발명의 흉부 영상 판독 지원 방법에 의하면 저렴한 비용으로도 매우 정확한 소견 정보를 획득할 수 있다.

[0064] 다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법은, 상기 컴퓨팅 장치(200)의 프로세서(220)에 의하여 구현되는 판별 모듈(320)이, 상기 흉부 영상의 입력으로부터 딥 러닝 모델(deep learning model)에 기초하여 상기 흉부 영상으로부터 판독 보조 정보를 생성 또는 제안하거나 상기 타 장치로 하여금 생성 또는 제안하도록 지원하는 단계(S520)와, 상기 컴퓨팅 장치(200)의 통신부(210) 및 프로세서(220)에 의하여 구현되는 저장 및 전송 모듈(340)이 생성 또는 제안된 상기 판독 보조 정보를 외부 엔티티(entity)에 제공하거나 상기 타 장치로 하여금 제공하도록 지원하는 단계(S530)를 더 포함한다.

[0065] 여기에서 판독 보조 정보는, 사용자, 예컨대 의사의 상기 흉부 영상에 대한 판독을 보조하도록 사용자에게 제공되는 정보를 지칭하는데, 이 판독 보조 정보는, (i) 상기 흉부 영상에 대한 적어도 하나의 소견 정보, 또는 (ii) 상기 적어도 하나의 소견 정보 및 상기 소견 정보 각각에 대응되는 마스크 영상(mask image)일 수 있는데, 그 마스크 영상은, 상기 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩됨으로써 상기 마스크 영상에 대응되는 개별 소견 정보를 지지하는 표시로서 제공되며, 바람직하게는 밀도 맵(density map)의 형태를 취할 수 있다.

[0066] 비록 본 명세서에서는 판독 보조 정보가 사용자에게 제공되어 그 사용자의 판단을 보조하도록 제공되는 것으로 설명되고 있으나, 이는 본 발명이 판독 보조 정보가 그 판독의 '보조'에 그치는 범위로 한정된다는 점을 의미하는 것은 아니라는 점을 밝혀 둔다. 본 발명의 변형 실시예로서, 판독 보조 정보가 그 자체로서 판독의 최종 결과로 사용자를 포함한 외부 엔티티에 제공되는 변형례, 판독 보조 정보가 자연어 처리에 의하여 가공되어 최종 결과로 제공되는 변형례도 가능한바, 통상의 기술자는 이를 이해할 수 있을 것이다.

[0067] 그리고, 상기 적어도 하나의 소견 정보는, 예를 들어, 상기 피검체의 흉부에 대한 정상(normal) 소견 및 비정상(abnormal) 소견 중에서 선택된 것일 수 있다. 다른 예로서, 상기 적어도 하나의 소견 정보는, 적어도, 결절(nodule) 소견, 경화(consolidation) 소견, 흉막 삼출(pleural effusion) 소견, 기흉(pneumothorax) 소견, 간질 혼탁(interstitial opacity) 소견 및 정상(normal) 소견을 포함하는 군에서 선택된 것일 수 있다.

[0068] 도 6은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 일 실시예에서 딥 러닝 모델을 통하여 판독 보조 정보를 생

성하는 다특징 분획 및 분류(multi feature segmentation and classification) 과정을 개념적으로 도시한 도면이다.

[0069] 도 6을 참조하여 본 발명에 따른 딥 러닝 모델의 학습 과정을 보다 상세하게 설명하자면, 딥 러닝 모델의 학습 데이터로서 개별 흉부 영상(610a 및 610b) 및 이를 레이블링한 데이터(620a 및 620b)가 입력되는데, 이 레이블링 데이터는 의사가 판단한 질환 등의 소견에 해당되는 부위를 표시한 마스크 데이터를 포함할 수 있다. 도 6의 예시를 참조하면, 비정상 소견의 흉부 영상(610a)에 대응되는 마스크 데이터가 620a에 표시되어 있으며, 정상 소견의 흉부 영상(610b)에 대응되는 마스크 데이터가 620b에 표시되어 있다.

[0070] 단계(S520)에서, 컴퓨팅 장치(200)는, 상기 딥 러닝 모델에 기초하여 다특징 분획 및 분류(multi feature segmentation and classification)를 수행함으로써 상기 판독 보조 정보를 생성하거나 상기 타 장치로 하여금 생성하도록 지원하는데, 도 6을 참조하면, 상기 딥 러닝 모델에 의하여 상기 적어도 하나의 소견 정보 각각의 특징에 대한 ROI 분획(region of interest segmentation; 'segmentation'으로 표시됨) 및 영상 분류(image classification; 'classification'으로 표시됨)가 동시에 또는 순차적으로 수행되어, 출력 픽셀 분류(output pixel classification) 정보 및 출력 영상 분류(output image classification) 정보가 판독 보조 정보의 기초 자료(630)로서 생성되며, 이 기초 자료(630)에 따라 소견 정보 및 마스크 영상이 판독 보조 정보로서 생성된다.

[0071] 도 7a 내지 도 7d는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 딥 러닝 모델에 의해 학습 데이터로서 이용된 실제 데이터(각 도면의 좌측) 및 상기 딥 러닝 모델에 의하여 생성된 마스크 영상(각 도면의 우측)을 예시한 도면들이다.

[0072] 도 7a의 좌측에는 영상의학과 전문의에 의하여 결절로 판정된 흉부 영상이 도시되어 있는데, 그 흉부 영상 위에는 전문의에 의하여 그 결절에 해당되는 부분으로 표시된 학습용 마스크 데이터(mask data)가 중첩되게 표시되어 있으며, 도 7a의 우측에는 동일한 흉부 영상에 대해 상기 딥 러닝 모델이 생성한 마스크 영상(mask image)이 동일한 흉부 영상 위에 중첩되게 표시되어 있다. 마찬가지로, 도 7b, 도 7c 및 도 7d에는 각각 경화, 흉막 삼출, 기흉에 대하여 전문의에 의하여 표시된 학습용 마스크 데이터(좌측) 및 딥 러닝 모델에 의하여 생성된 마스크 영상(우측)이 동일한 흉부 영상 위에 중첩되게 표시되어 있다.

[0073] 도 8은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 제공되는 예시적 사용자 인터페이스(UI; user interface)의 구성을 나타낸 도면이다.

[0074] 도 8의 사용자 인터페이스 예시를 참조하면, 검사 목록 정보(810), 흉부 영상 정보(820), AI 제안 정보(830) 및 최종 판독문 정보(840)가 상기 사용자 인터페이스를 통하여 제공될 수 있다.

[0075] 이 예시에 따르면, 단계(S510)에서, 상기 컴퓨팅 장치(200) 또는 상기 타 장치, 예컨대 PACS(420)에 의하여 보유, 보관 또는 저장된 개별 피검체의 흉부 영상들의 목록이 바람직하게는 검사 목록 정보(810)로서 소정의 출력 장치, 예컨대 디스플레이 장치 상에 사용자 인터페이스를 통하여 제공될 수 있는바, 상기 출력 장치는 상기 컴퓨팅 장치에 포함되거나 상기 컴퓨팅 장치에 연동된 것일 수 있다.

[0076] 이때, 사용자가 검사 목록 정보에 나타난 특정 피검체를 선택함이 감지되면, 컴퓨팅 장치(200)에 의하여 그 특정 피검체의 흉부 영상에 대하여 전술한 단계(S520)가 수행됨으로써 그 특정 피검체의 흉부 영상에 대한 판독 보조 정보가 생성 또는 제안될 수 있을 것인바, 피검체의 흉부 영상, 피검체의 식별번호, 피검체의 신원(이름, 나이, 성별 등), 상기 흉부 영상의 촬영 부위를 나타내는 촬영 부위 식별자 등이 바람직하게는 흉부 영상 정보(820)로서 상기 사용자 인터페이스를 통하여 제공될 수 있으며, 도 8에 예시된 바와 같다.

[0077] 이 후에, 단계(S530)에서 별도의 사용자의 추가 조작 없이 또는 사용자의 요청에 응하여, 상기 판독 보조 정보가 상기 출력 장치를 통하여 제공될 수 있을 것인바, 마스크 영상은 흉부 영상 정보(820)의 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩되게 표시될 수 있으며, 상기 적어도 하나의 소견 정보는 AI 제안 정보(830)로서 상기 사용자 인터페이스를 통하여 제공될 수 있으며, 도 8에 예시된 바와 같다.

[0078] 바람직하게는, 단계(S530)에서, 상기 딥 러닝 모델에 의하여 상기 적어도 하나의 소견 정보 각각에 대하여 신뢰도(confidence) 값이 구해지면, 컴퓨팅 장치(200)는, 사용자의 추가 조작 없이 또는 사용자의 요청에 응하여, 상기 소정의 출력 장치를 통하여 표시되는 상기 적어도 하나의 소견 정보 각각을 상기 신뢰도 값에 기초하여 내림차순 또는 올림차순으로 정렬하여 표시하거나 상기 신뢰도 값에 기초하여 상기 소견 정보 각각이 AI 제안 정보(830)에서 표시되는 색상, 채도 및 명도 중 적어도 하나를 조절할 수 있다.

[0079] 유리하게는, 단계(S530)에서, 상기 딥 러닝 모델에 의하여 생성 또는 제안된 소견 정보는 사용자의 선택에 의하

여 수정될 수 있는바, 이는, 예를 들어, AI 제안 정보(830)에 표시된 목록 중의 한 항목을 선택하는 조작에 의하여 이루어질 수 있을 것이다.

[0080] 도 9는 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 소견 정보가 판독 보조 정보로서 제공되는 예시적 사용자 인터페이스의 구성을 나타낸 도면이다.

[0081] 도 9의 예시적 사용자 인터페이스에는 AI 제안 정보(830)에 표시된 목록 중의 한 항목인 간질 혼탁(interstitial opacity) 소견에 대하여 선택 표시(832)가 되어 있는데, 이는 상기 딥 러닝 모델에 의하여 생성 또는 제안된 소견 정보 또는 수정된 소견 정보에 해당될 수 있음은 앞서 설명한 바와 같다.

[0082] 이와 같은 소견 정보는 하나뿐만 아니라 여러 개가 선택될 수 있다. 다만, 이 소견 정보 간에는 배타적 관계가 있을 수 있는바, 예를 들어, 정상 소견은 그 이외의 모든 소견에 대하여 배타적이다. 이는 논리적, 병리학적으로 성립되지 않는 판독과 비합리적인 판독을 방지하기 위한 것이다.

[0083] 단계(S530)에서, 바람직하게는, 생성 또는 선택된 소견 정보와 함께 상기 소견 정보에 대응되는 마스크 영상(822)이 흉부 영상의 적어도 일부 위에 중첩(overlay)되게 표시(820)되는바, 도 9에 예시적으로 도시된 바와 같이 밀도 맵(density map)의 형태로 표시될 수도 있다.

[0084] 다시 도 5를 참조하면, 상기 실시예에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법은, 단계(S530)의 수행 후에, 컴퓨팅 장치(200)가, 상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득하거나 상기 타 장치로 하여금 획득하도록 지원하는 단계(S540)를 더 포함한다. 여기에서 상기 평가 정보는 상기 딥 러닝 모델에 의하여 생성 또는 제안되거나 생성 또는 제안된 후 사용자의 선택에 의하여 수정된 소견 정보, 및 그 소견 정보에 대응되는 판독문의 정보를 포함할 수 있다. 그리고 상기 판독문은 (i) 상기 외부 엔티티에 의하여 직접 입력된 정보, (ii) 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 기본 판독문, (iii) 상기 소견 정보에 대응되도록 제공되는 판독문 선택지 중에서 상기 딥 러닝 모델에 의하여 선택된 결과인 선택형 판독문, 또는 (iv) 상기 (i) 내지 (iii) 중 어느 하나가 상기 외부 엔티티에 의하여 수정된 결과일 수 있다.

[0085] 일 예시로서, 단계(S540)는, 컴퓨팅 장치(200)가, 사용자로 하여금 상기 소견 정보에 대응되는 판독문을 선택하도록 상기 소정의 출력 장치를 통하여 사용자 인터페이스를 제공하는 단계(S532; 미도시) 및 상기 사용자의 요청에 응하여, 컴퓨팅 장치(200)가, 상기 소견 정보 및 상기 소견 정보에 대응되는 상기 판독문의 정보를 평가 정보로서 획득하는 단계(S534; 미도시)를 포함할 수 있다.

[0086] 여기에서 소견 정보에 따라 제공되는 판독문 선택지는 예를 들어 아래 표 1과 같을 수 있다.

표 1

[0087]

카테고리	판독문	(크기)		(영역, 특성)	(위치)
normal	FINDINGS: Normal size and shape of heart. Normal pulmonary vascularity. No abnormality in both lung fields and pleurae. Normal bony thorax. CONCLUSION: Normal chest.				
nodule	There is an about	1cm-sized, 2cm-sized, 3cm-sized		nodule	in right upper lung zone, in right middle lung zone, in right lower lung zone, etc...
consolidation	There is		focal, extensive, multifocal	consolidation	〃
pleural effusion	There is		scanty, small amount of, large amount of, loculated	plueral effusion	in right hemithorax, in left hemithorax, in both hemithoraces
pneumothorax	There is		〃	pneumothorax	〃
interstitial opacity	There is		subtle, mild, extensive	interstitial opacity	in both basal lungs, in both lungs, etc...

[0088] 예를 들어, 소견 정보가 정상 소견인 경우, 표 1에 표시된 판독문이 기본 판독문으로 제공되거나 단순히 공란이 기본 판독문으로 제공될 수 있을 것이며, 다른 소견 정보가 선택된 후에 정상 소견이 선택된다면, 그 다른 소견 정보에 대한 판독문의 정보 또는 최종 판독문 정보(840)는 지워질(cleared) 수도 있을 것이다.

[0089] 다른 예로서, 가령 소견 정보가 결절 소견인 경우, 표 1을 참조하면, 그 결정 소견에 대한 상기 판독문 선택지는 상기 결절의 크기(예컨대, 1cm-sized, 2cm-sized, 3cm-sized) 및 상기 결절의 위치(예컨대, in right upper lung zone, in right middle lung, in right lower lung zone 등) 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함할 수 있는바, 나머지도 이와 마찬가지임을 통상의 기술자는 이해할 수 있을 것이다.

[0090] 이러한 판독문 선택지가 사용자 인터페이스를 통하여 컴퓨팅 장치(200)에 입력되는 과정을 개념적으로 설명하면 다음과 같다.

[0091] 도 10 및 도 11은 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법에서 소견 정보에 대응되는 판독문을 사용자가 입력 또는 수정할 수 있도록 제공되는 예시적 사용자 인터페이스의 구성을 나타낸 도면이다.

[0092] 도 10를 참조하면, AI 제안 정보(830)에 표시된 목록 중의 한 항목인 간질 혼탁(interstitial opacity) 소견이 상기 딥 러닝 모델에 의하여 생성 또는 제안된 것으로 표시되어 있으며, 그 간질 혼탁 소견에 대응되도록 상기 딥 러닝 모델에 의하여 초기의 판독문 정보(‘There is extensive interstitial opacity in both lungs.’로 표시됨)가 선택되어 있다. 그 판독문 정보 가운데 사용자가 선택할 수 있는 부분은 그 외의 부분과 다르게 표시될 수도 있을 것인바, 예컨대, 색상, 채도 및 명도 중 적어도 하나가 상이하도록 표시될 수 있을 것이다. 도 10의 예시에서는 ‘extensive’와 ‘in both lungs’ 부분이 상이하게 표시되어 있다. 이때, 사용자, 예컨대 의사는, 사용자 인터페이스 상에 표시된 ‘extensive’ 텍스트를 조작함(예컨대, 마우스로 클릭함)으로써 다른 판독문 선택지를 선택할 수 있다. 예컨대, 편의를 위하여 판독문 선택지는 드롭다운 메뉴(drop down menu)로 제공될 수도 있을 것이며, 사용자는 그 드롭다운 메뉴에 표시된 판독문 선택지의 항목들(‘subtle’, ‘mild’, ‘extensive’로 표시됨) 중 어느 하나를 조작하여 선택함으로써 상기 판독문의 정보를 수정할 수 있다.

[0093] 도 11의 사용자 인터페이스를 참조하면, AI 제안 정보(830)에 표시된 목록 중의 한 항목, 즉, 간질 혼탁 소견에 대하여 판독문의 정보가 선택되어 있으며, 그 우측에 위쪽 화살표가 표시된 UI 요소(예컨대, 버튼)가 제공되어 있는데, 사용자가 이를 조작함(예컨대, 그 버튼을 누르는 조작)이 감지되면, 컴퓨팅 장치(200)는, 선택된 판독문의 정보가 텍스트의 형식으로 최종 판독문 정보(840)에 기입되도록 할 수 있다. 이 최종 판독문 정보(840)는 사용자가 직접 수정 또는 편집할 수도 있을 것이다.

[0094] 바람직하게는, 단계(S540)에서, 사용자가 최종 판독문 정보(840)에 결론을 더 기입할 수 있는바, 이는 도 11에 예시된 최종 판독문 정보(840)의 하단에 ‘CONCLUSION’이라고 표시된 부분으로 예시된 바와 같다.

[0095] 유리하게는, 단계(S540)에서, 사용자 인터페이스 상에 제공된 ‘저장’ 버튼과 같은 UI 요소에 대한 조작을 통하여 사용자는 평가 정보 혹은 최종 판독문을 외부 엔티티, 예컨대 PACS(420)에 전달 및 저장하게 할 수 있을 것이다.

[0096] 이 실시예에서는, 미리 학습된 딥 러닝 모델에 기초하여 흉부 영상의 판독을 지원할 수 있는바, 생성, 제안 또는 수정된 소견 정보 및 이에 대응되는 판독문의 정보를 포함하는 평가 정보를 다시 상기 딥 러닝 모델에 대한 재학습의 자료로 활용한다면, 상기 딥 러닝 모델이 더 정확해질 수 있는 장점이 있으므로, 이러한 장점을 취하기 위하여, 본 발명의 이 실시예에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법은, 도 5에 도시된 바와 같이, 상기 프로세서(220)가, 상기 평가 정보를 결과 입력 모듈(350)을 통하여 획득하고, 상기 평가 정보에 기초하여 갱신 모듈(360)을 통하여 상기 딥 러닝 모델을 갱신하거나 상기 타 장치로 하여금 갱신하도록 지원하는 단계(S550)를 더 포함할 수 있다. 이때, 이전의 학습 때에는 고려되지 않았던 흉부 영상, 소견 정보 및 판독문의 정보가 추가로 고려되어 이전의 학습 때에 있었던 오류를 바로 잡을 수 있기 때문에 상기 딥 러닝 모델의 정확도가 향상되는바, 데이터가 쌓일수록 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 효과가 지속적, 누적적으로 향상되는 장점이 있다. 이를 위한 상기 평가 정보는 의료 전문가 등의 신뢰할 만한 외부 엔티티에 의하여 제공될 필요가 있다.

[0097] 본 발명에 따른 흉부 영상 판독 지원 방법의 다른 실시예에서는, 흉부 영상의 판독이 다수의 사용자에 의하여 이루어질 수도 있는바, 이에 따라 흉부 영상의 판독이 지원되는 적어도 하나의 사용자는, 전체 M개의 사용자 그룹 중 제n 사용자 그룹에 포함된 Kn인의 사용자들 중에서 선택됨으로써, 하나의 상기 흉부 영상에 대하여 다수

의 판독이 시행될 수 있으며, 이를 통하여 그 판독의 결과인 판독 보조 정보 및 평가 정보 중 적어도 하나에 대한 교차 검증이 이루어질 수도 있을 것이다.

[0098] **ROC 곡선.**

[0099] 전술한 본 발명의 흉부 영상 판독 지원 방법에서 이용되는 딥 러닝 모델은 분류기(classifier)로서의 역할을 하므로, 분류기의 성능을 나타내는 ROC 곡선(receiver operating characteristic curve; 수용자 반응 특성 곡선)을 통하여 그 성능을 확인할 수 있다.

[0100] 도 12는 딥 러닝 모델의 성능을 평가하기 위한 도구인 ROC 곡선을 예시하는 도면이다. 도 12를 참조하면, 먼저, ROC 곡선 그래프의 가로축에 나타난 수치는 1 - 특이도(specificity) = 위양성률(false positive rate)로서, 특이도는 특이도(specificity) = 진음성(true negative) / (위양성(false positive) + 진음성(true negative))으로 정의되는 값이다. 즉, 특이도는 '틀린 것(음성)'을 틀렸다고 판단하는 비율을 뜻하므로, 그래프에서는 좌측으로 기울수록 '옳은 것(양성)'을 틀렸다고 판단할 오판의 비율이 줄어든다고 볼 수 있다. 또한 ROC 곡선 그래프의 세로축에 나타난 수치는 민감도(sensitivity) = 진양성률(true positive rate)로서, 민감도는 민감도(sensitivity) = 진양성(true positive) / (진양성(true positive) + 위음성(false negative))로 정의되는 값이다. 즉, 민감도는 '옳은 것'을 옳다고 판단할 비율을 뜻하므로, 그래프에서는 위로 기울수록 '틀린 것'을 옳다고 오판할 비율이 줄어든다고 볼 수 있다. 따라서 분류기가 올바르게 판단할수록 그래프 곡선의 아래의 면적(AUC; area under curve)은 증가하게 된다. 분류기가 올바르게 판단하는 분류 성능을 하나도 가지고 있지 않을 때에는 AUC는 0.5가 된다. 보통, AUC 수치에 따라 비정보적(AUC = 0.5), 덜 정확한(0.5 < AUC ≤ 0.7), 중등도의 정확한(0.7 < AUC ≤ 0.9), 매우 정확한(0.9 < AUC < 1), 그리고 완벽한 검사(AUC = 1)로 분류할 수 있다.

[0101] **흉부 PA 영상 데이터를 이용한 본 발명의 예시적 딥 러닝 모델의 테스트.**

[0102] 본 발명에 따른 흉부 영상(chest view) 판독 지원 방법에서 이용된 예시적 딥 러닝 모델의 ROC 곡선의 일 예가 도 13에 도시되어 있다.

[0103] 도 13을 참조하면, 본 발명자가 상기 딥 러닝 모델을 이용하여 정상과 비정상을 분류해내는 성능을 A병원(아산병원; Asan Medical Center)으로부터 획득된 피검체에 대하여 평가한 결과의 ROC 곡선이 빨간 색으로 표시되어 있으며, B병원으로부터 획득된 피검체에 대하여 평가한 결과의 ROC 곡선이 파란 색으로 표시되어 있다.

[0104] 이 ROC 곡선들의 AUC, 민감도 및 특이도를 정리한 결과는 아래 표 2와 같다.

표 2

[0105]

	AUC(area under curve)	민감도(T=0.5)	특이도(T=0.5)
병원 A	0.99	97.6%	96.7%
병원 B	0.98	96.5%	95.5%

[0106] **본 발명의 예시적 딥 러닝 모델에 대한 가설 검증.**

[0107] 어떤 모델이 분류 성능을 전혀 가지고 있지 않음 의미하는 AUC = 0.5를 귀무가설, 상기 예시적 딥 러닝 모델이 분류 성능을 가지고 있음을 대립가설로 두고, 가설 검증을 시행하였다. 오류가 나올 확률을 p-value(유의확률)라고 지칭하면, 소정의 확률보다 p-value가 낮을 때, 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하는바, 그 소정의 확률을 유의 수준이라고 하며, 통계학에서는 보통 0.05의 값을 유의 수준으로 취한다. 본 발명자들이 확보한 흉부 PA 영상 데이터를 이용하여 밝혀낸 상기 딥 러닝 모델의 유의성은 AUC = 0.98에 대해 p-value가 0.00…인 점에서 알 수 있는 바와 같다. 이 딥 러닝 모델의 p-value는 유의 수준 0.05에 비하여 현저히 낮아 귀무가설이 기각됨은 물론이고 극도로 유의한 분류 성능을 가지고 있다는 점이 증명된다.

[0108] 덧붙여, 상기 딥 러닝 모델이 분류한 개별 소견 정보를 이에 대응되는 질환별로 평가한 결과는 아래 표 3과 같다. 검증을 위하여 이용된 데이터 세트의 출처(validation dataset source)는 B병원이다.

표 3

[0109]

	기흉	경화	흉막삼출	결절	간질혼탁
Test 1	96%	94%	95%	95%	89%

[0110] 전술한 표 2 및 표 3에 나타난 수치들은 상기 딥 러닝 모델이 매우 유의한 결과를 보인다는 점을 보여주는바, 즉, 상기 딥 러닝 모델은 고도로 정확한 소견 정보의 생성이 가능한 매우 유의한 모델이라는 점이 판명되었다고 할 수 있다.

[0111] 이와 같이 본 발명은 전술한 모든 실시예들에 걸쳐, 복수의 질환에 대해 흉부 영상을 스크리닝할 수 있어, 복수의 질환을 예측(prediction)할 수 있을 뿐만 아니라, 그 복수의 질환 각각에 대응되는 병변을 시각화하여 보여줄 수 있고, 진단서(report)의 생성 및 작성도 자동화할 수 있는바, 종래의 의료 전문가들이 그 경험이나 지식에 의존하여 일일이 흉부 PA 영상을 판독하는 것에 비하여 효율적이고 정확한 판독을 가능하게 함으로써 의료진의 시간을 절약하고 진료의 질을 높이고 의료 현장에서의 워크플로(workflow)를 혁신할 수 있는 효과가 있다.

[0112] 위 실시예의 설명에 기초하여 해당 기술분야의 통상의 기술자는, 본 발명이 소프트웨어 및 하드웨어의 결합을 통하여 달성되거나 하드웨어만으로 달성될 수 있다는 점을 명확하게 이해할 수 있다. 본 발명의 기술적 해법의 대상물 또는 선행 기술들에 기여하는 부분들은 다양한 컴퓨터 구성요소를 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령어의 형태로 구현되어 기계 판독 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다. 상기 기계 판독 가능한 기록 매체는 프로그램 명령어, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 기계 판독 가능한 기록 매체에 기록되는 프로그램 명령어는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야의 통상의 기술자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 기계 판독 가능한 기록 매체의 예에는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD, Blu-ray와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령어를 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령어의 예에는, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드, 바이트코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드도 포함된다.

[0113] 상기 하드웨어 장치는 본 발명에 따른 처리를 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다. 상기 하드웨어 장치는, 프로그램 명령어를 저장하기 위한 ROM/RAM 등과 같은 메모리와 결합되고 상기 메모리에 저장된 명령어들을 실행하도록 구성되는 CPU, GPU, TPU와 같은 프로세서를 포함할 수 있으며, 외부 장치와 신호를 주고 받을 수 있는 통신부를 포함할 수 있다. 덧붙여, 상기 하드웨어 장치는 개발자들에 의하여 작성된 명령어들을 전달받기 위한 키보드, 마우스, 기타 외부 입력장치를 포함할 수 있다.

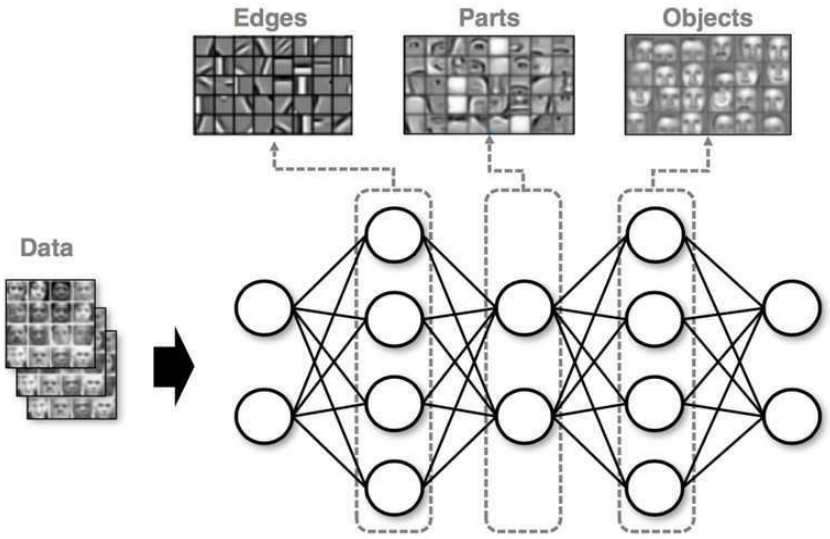
[0114] 이상에서 본 발명이 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나, 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명이 상기 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상적인 지식을 가진 사람이라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.

[0115] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

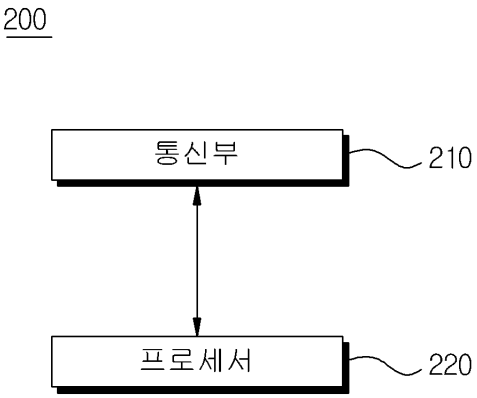
[0116] 그와 같이 균등하게 또는 등가적으로 변형된 것에는, 예컨대 본 발명에 따른 방법을 실시한 것과 동일한 결과를 낼 수 있는, 논리적으로 동치(logically equivalent)인 방법이 포함될 것이다.

도면

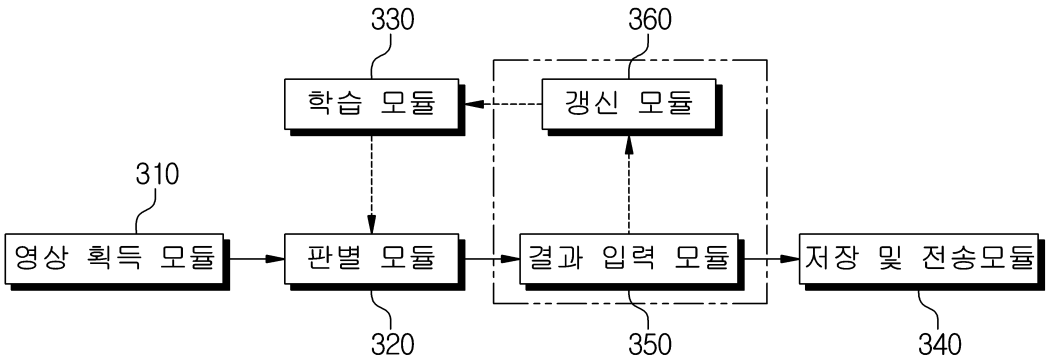
도면1



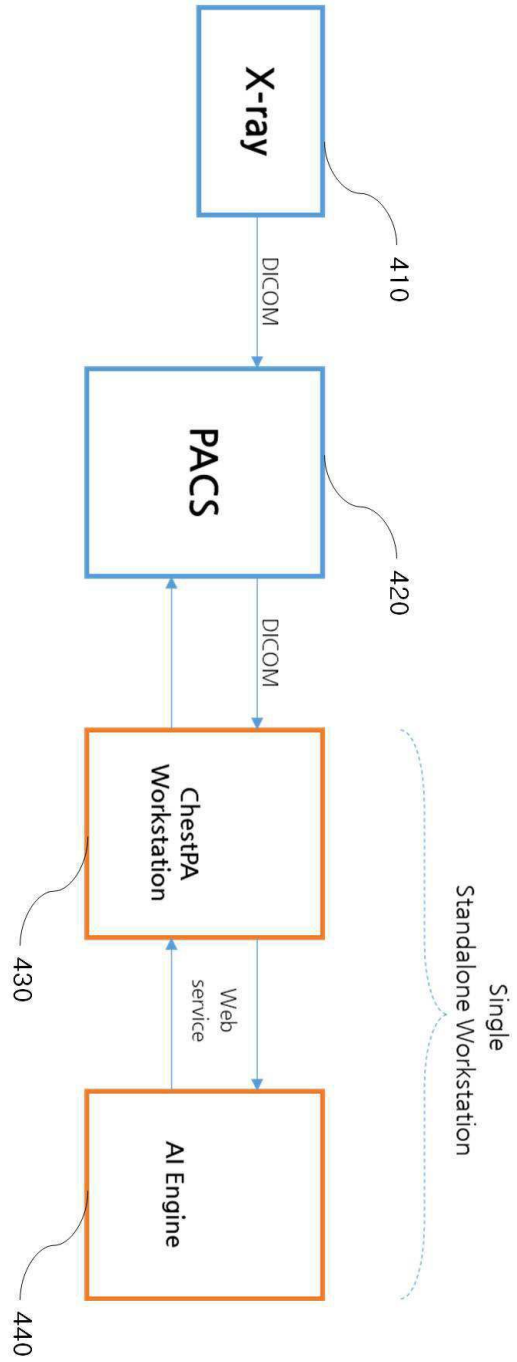
도면2



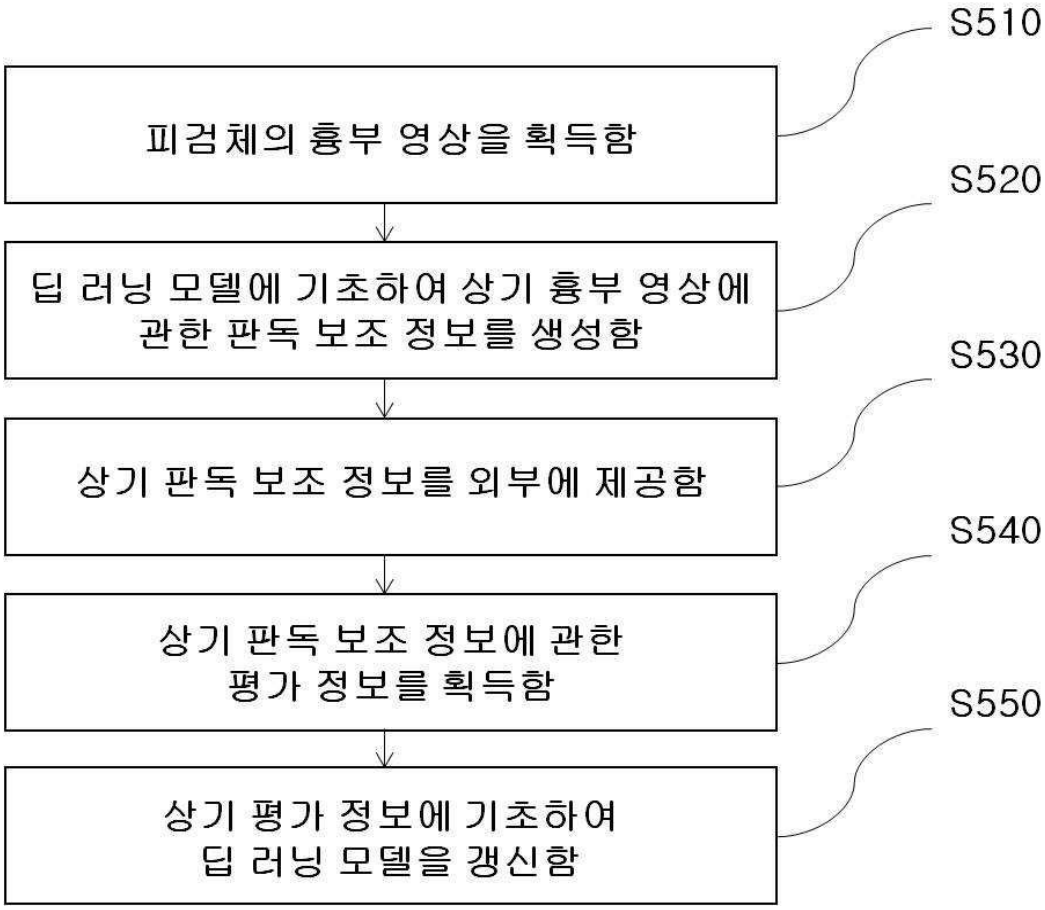
도면3



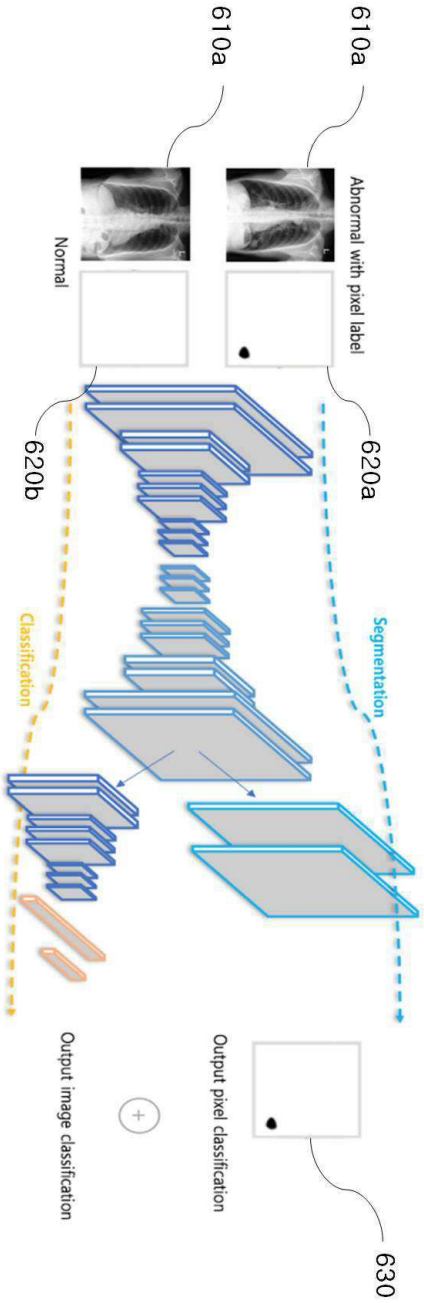
도면4


X-ray
410
DICOM
PACS
420
DICOM
ChestPA Workstation
430
Web service
AI Engine
440
Single Standalone Workstation

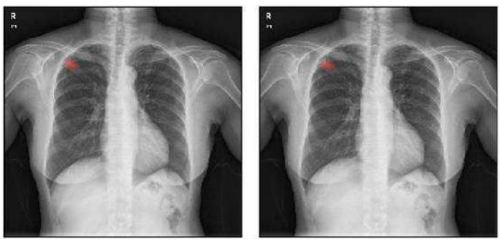
도면5


S510
피검체의 흉부 영상을 획득함
S520
딥 러닝 모델에 기초하여 상기 흉부 영상에 관한 판독 보조 정보를 생성함
S530
상기 판독 보조 정보를 외부에 제공함
S540
상기 판독 보조 정보에 관한 평가 정보를 획득함
S550
상기 평가 정보에 기초하여 딥 러닝 모델을 갱신함

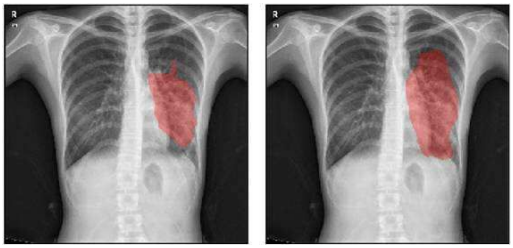
도면6


610a
610a
Normal
Abnormal with pixel label
620b
620a
Classification
Segmentation
Output image classification
Output pixel classification
630

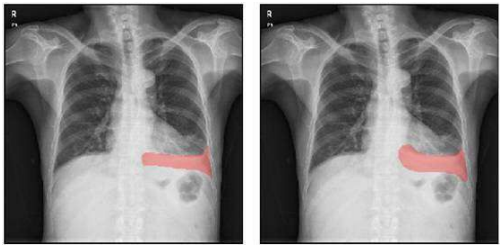
도면7a



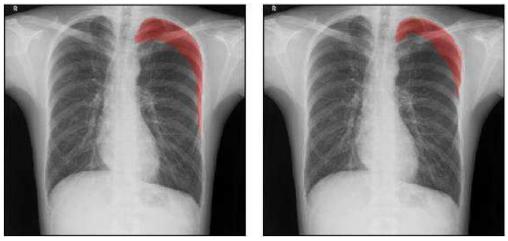
도면7b



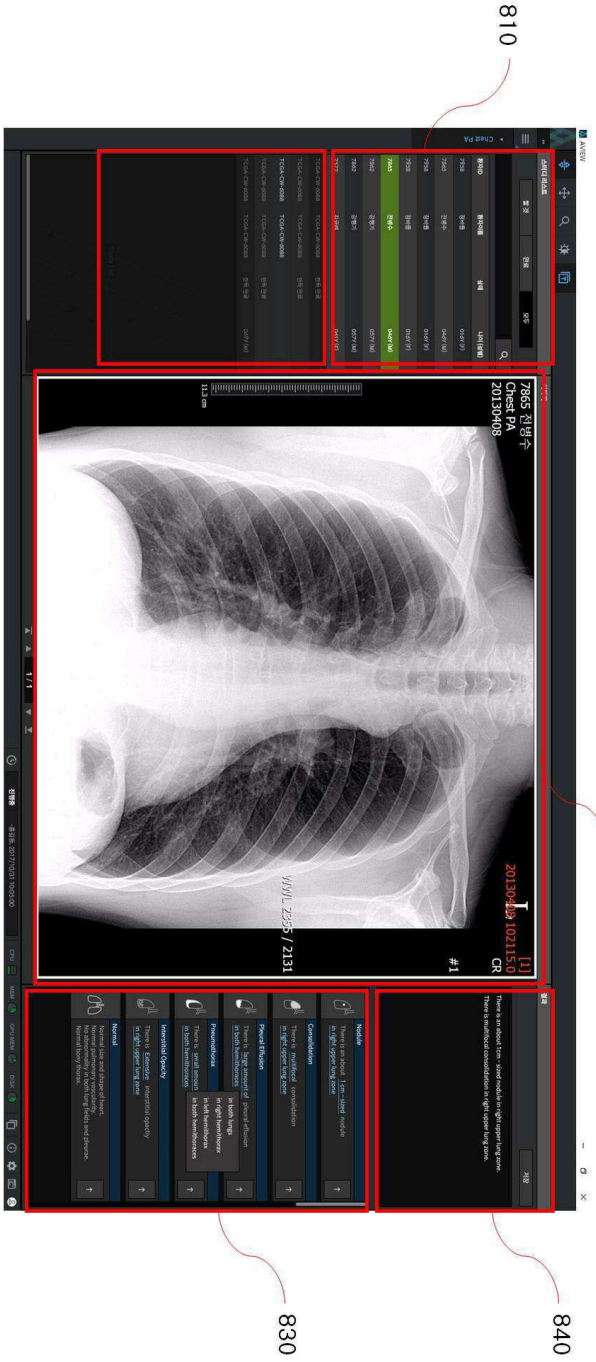
도면7c



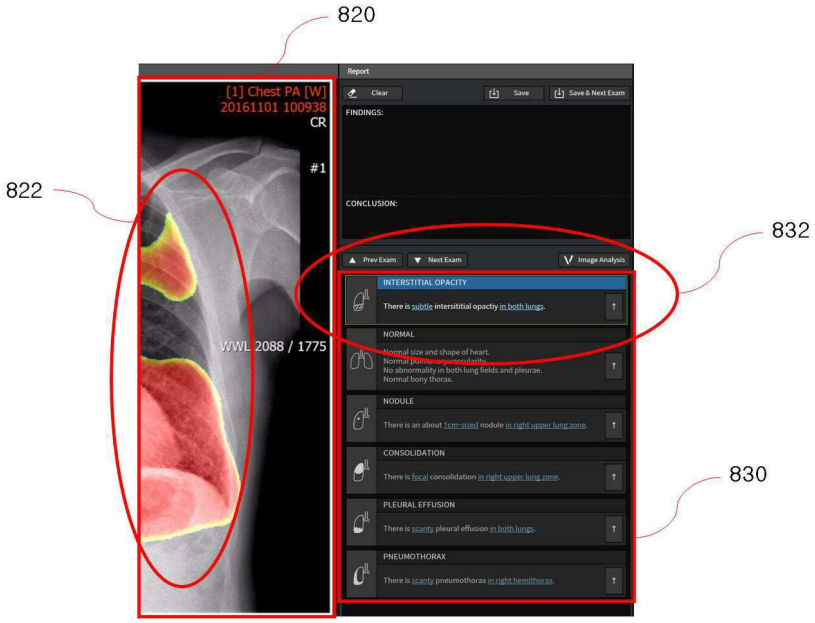
도면7d



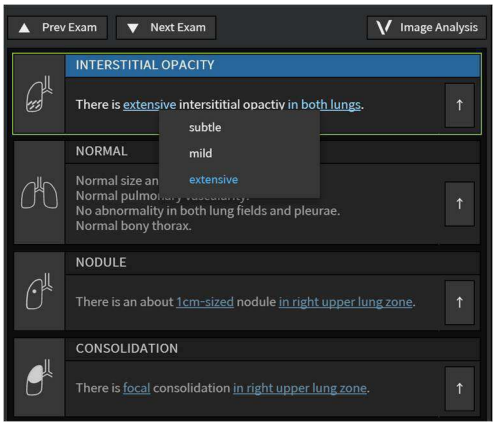
도면8



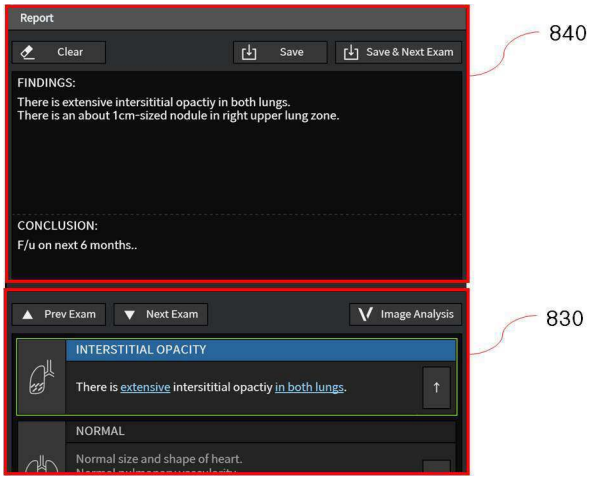
도면9



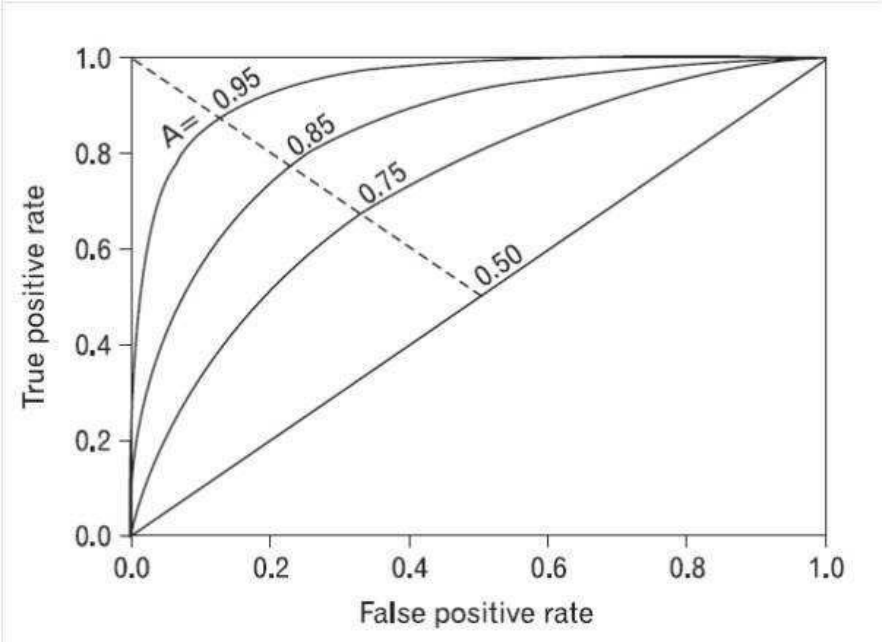
도면10



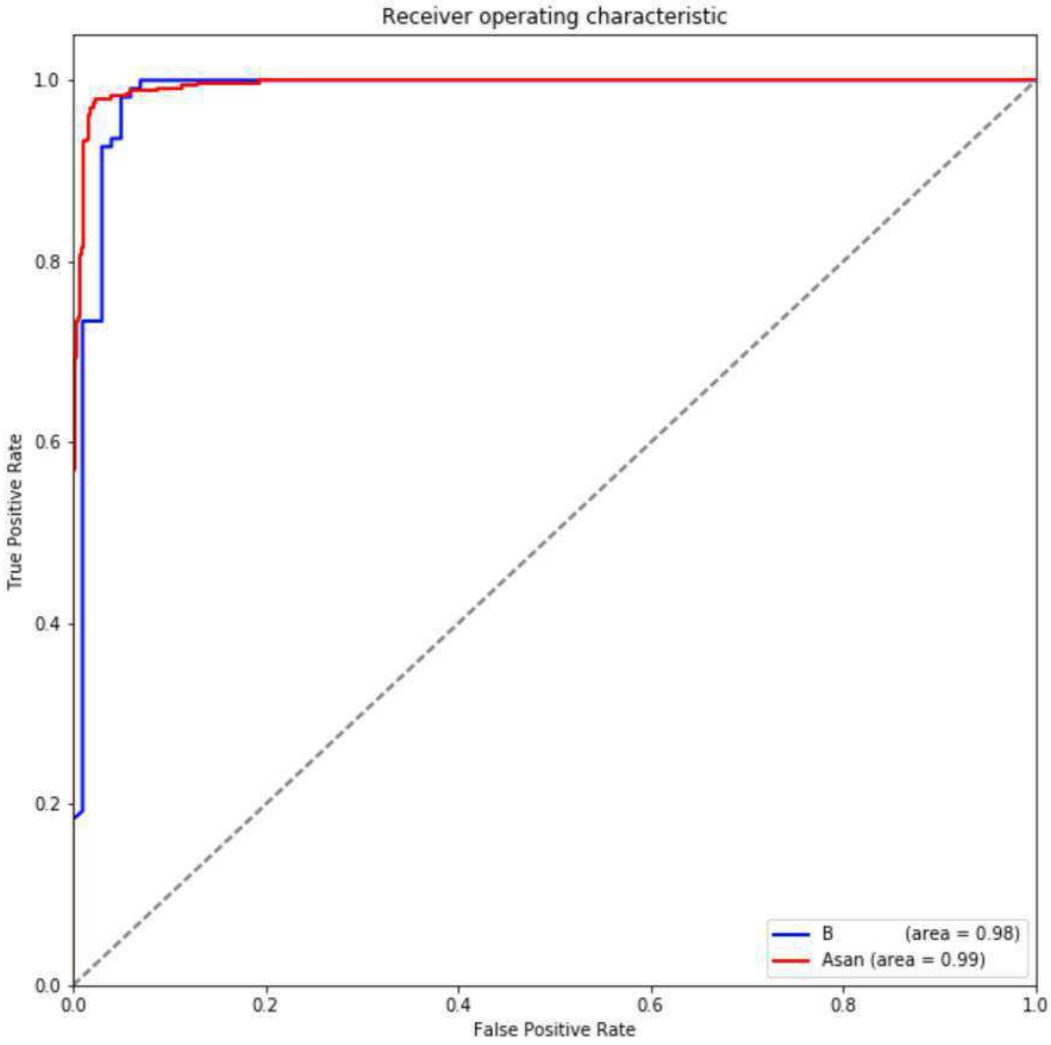
도면11



도면12


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
True positive rate
A=
0.95
0.85
0.75
0.50
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
False positive rate

도면13


Receiver operating characteristic
True Positive Rate
False Positive Rate
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
B (area = 0.98)
Asan (area = 0.99)