



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0009328
(43) 공개일자 2024년01월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 1/227 (2006.01) A61B 1/00 (2017.01)
G16H 30/40 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)
- (52) CPC특허분류
A61B 1/227 (2013.01)
A61B 1/000094 (2023.05)
- (21) 출원번호 10-2023-0002549
(22) 출원일자 2023년01월06일
심사청구일자 2023년01월06일
- (30) 우선권주장
1020220086105 2022년07월13일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
재단법인 아산사회복지재단
서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
- (72) 발명자
권지훈
서울특별시 강동구 고덕로80길 99, 518동 605호(상일동, 고덕센트럴 IPARK)
- 안중호
서울특별시 강남구 압구정로29길 69, 201동 404호(압구정동, 현대아파트)
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 23 항

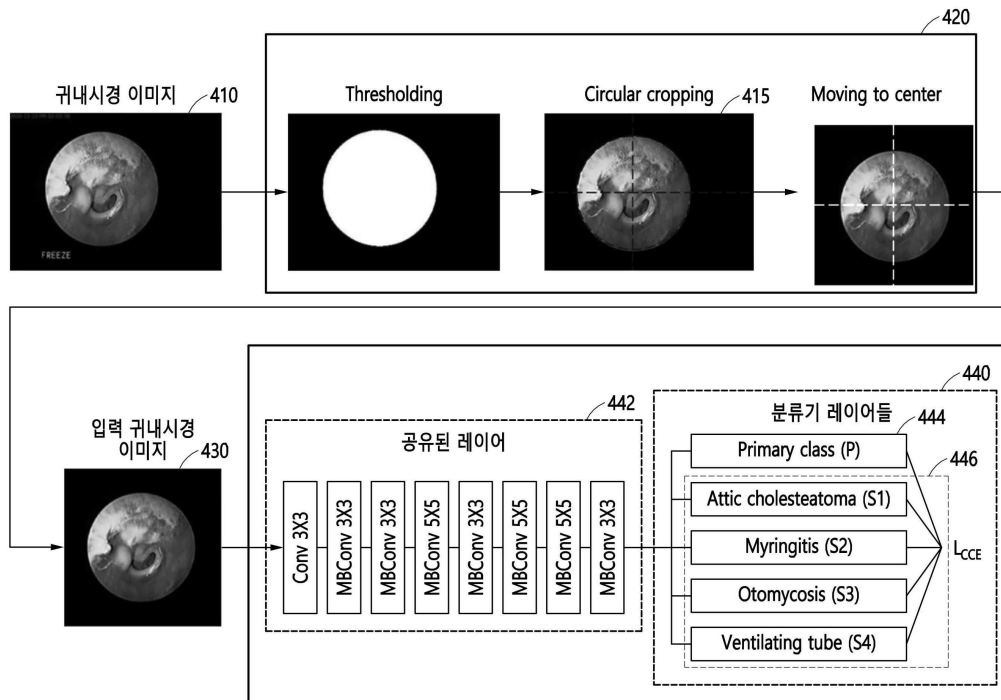
(54) 발명의 명칭 **중이염 진단 방법 및 장치**

(57) 요약

일 실시예에 따른 중이염 진단 전자 장치에 있어서, 적어도 하나의 컨볼루션 연산을 포함하는 공유된 레이어 및 상기 공유된 레이어에 연결된 복수의 분류기 레이어들을 포함하는 학습된 중이염 진단 모델 및 컴퓨터로 실행 가능한 명령어들을 저장한 메모리; 상기 메모리에 액세스(access)하여 상기 명령어들을 실행하는 프로세서; 상기

(뒷면에 계속)

대표도



프로세서와 전기적으로 연결된 디스플레이; 및 환자의 귀내시경 이미지를 수신하는 영상 획득부를 포함하고, 상기 명령어들은, 상기 환자의 귀내시경 이미지를 수신하고, 상기 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역(region of interest)에 기초하여, 입력 귀내시경 이미지를 생성하고, 상기 입력 귀내시경 이미지로부터 상기 공유된 레이어에 기초하여 특징 데이터를 추출하고, 상기 복수의 분류기 레이어들 중 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력하며, 상기 복수의 분류기 레이어들 중 상기 제1 분류기 레이어와 분리된 복수의 제2 분류기 레이어들에 기초하여, 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 출력할 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 1/000096 (2023.05)

G16H 30/40 (2018.01)

G16H 50/20 (2018.01)

G16H 50/50 (2018.01)

최연주

서울특별시 송파구 송파대로 111, 파크하비오201동
1712호(문정동, 파크하비오)

(72) 발명자

채지혜

서울특별시 강서구 강서로 266, 136동 1202호(화곡
동, 우장산아이파크이편한세상아파트)

박근우

서울특별시 강남구 삼성로51길 37, 106동 1503호(
대치동, 래미안 대치 팰리스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711168438

과제번호 2021R1A2C2010048

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)

연구과제명 딥러닝 알고리즘을 활용한 중이질환 내시경 영상분석법 및 진단지원 시스템 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 울산대학교

연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

중이염 진단 전자 장치에 있어서,

적어도 하나의 컨볼루션 연산을 포함하는 공유된 레이어 및 상기 공유된 레이어에 연결된 복수의 분류기 레이어들을 포함하는 학습된 중이염 진단 모델 및 컴퓨터로 실행 가능한 명령어들(computer-executable instructions)을 저장한 메모리;

상기 메모리에 액세스(access)하여 상기 명령어들을 실행하는 프로세서;

상기 프로세서와 전기적으로 연결된 디스플레이; 및

환자의 귀내시경 이미지(otoendoscopic image)를 수신하는 영상 획득부를 포함하고,

상기 명령어들은,

상기 환자의 귀내시경 이미지를 수신하고,

상기 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역(region of interest)에 기초하여, 입력 귀내시경 이미지를 생성하고,

상기 입력 귀내시경 이미지로부터 상기 공유된 레이어에 기초하여 특징 데이터를 추출하고,

상기 복수의 분류기 레이어들 중 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력하며,

상기 복수의 분류기 레이어들 중 상기 제1 분류기 레이어와 분리된 복수의 제2 분류기 레이어들에 기초하여, 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 출력하는,

중이염 진단 전자 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 환자의 고막(tympanic membrane)을 촬영한 비디오 시퀀스(video sequence)를 수신하고,

상기 비디오 시퀀스를 사용자에게 의해 결정된 프레임(frame) 개수만큼, 복수의 귀내시경 이미지들을 획득하는 중이염 진단 전자 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 귀내시경 이미지에서 상기 환자의 개인식별가능정보를 제거하고,

상기 귀내시경 이미지로부터 미리 지정된 형상을 갖는 상기 관심 영역(region of interest)을 추출하고,

상기 추출된 관심 영역을, 2차원 형태의 상기 귀내시경 이미지의 중앙(center)에 배치시키는
중이염 진단 전자 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 프라이머리 클래스에 속하는 프라이머리 질환들에 관한 확률들을 획득하고,
상기 프라이머리 질환들에 관한 확률 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 제2 분류기 레이어들 각각에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 세컨더리 클래스에 속하는 세컨더리 질환에 관한 확률을 획득하고,
상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 상기 세컨더리 질환에 관한 확률에 기초한 질환 발생 결과를, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 단일 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 프라이머리 클래스에서 상기 질환 예측 결과에 해당하는 질환을 제외한 질환들 중, 가장 높은 확률을 가지는 질환을 대상 결과로 설정하고,
상기 질환 예측 결과의 확률 및 상기 대상 결과의 확률 간의 차이가 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 제시도를 제안하는 출력을 제공하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 세컨더리 질환에 관한 질환 발생 결과 중, 질환이 발생된 상기 세컨더리 클래스 질환에 관한 제2 분류기 레이어들을 선택하고,
상기 선택된 레이어들에 대한 세컨더리 질환에 관한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률이 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이

염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 학습된 중이염 진단 모델의 상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 적어도 일부 연결을 스킵(skip)하는 것에 기초하여, 특징 데이터를 추출하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 선택된 제1 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제1 특징 데이터를 추출하고,
상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 상기 제1 연결과 다른 제2 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제2 특징 데이터를 추출하며,
상기 노드들 간에 스킵되는 연결의 변경을 반복하면서, 상기 제1 특징 데이터 및 상기 제2 특징 데이터를 포함하는 복수의 특징 데이터들을 추출하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률을 획득하고,
상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대하여, 상기 제1 분류기 레이어에서 획득된 질환들에 대한 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 질환 이진(binary) 결과로 변환하고,
상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 상기 복수의 질환 이진 결과들에 대한 평균을 나타내는 제1 통계 결과를 획득하고,
상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 가장 높은 제1 통계 결과를 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는,
중이염 진단 전자 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 프로세서는,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들을 적용하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률들을 획득하고,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대응하는 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 단일 질환 이진(binary) 결과로 변환하며,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 단일 질환 이진 결과들에 대한 평균을 나타내는 제2 통계 결과를 획득하고,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 제2 통계 결과를, 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 상기 단일 질환 예측 결과로서 출력하는,

중이염 진단 전자 장치.

청구항 12

프로세서에 의하여 수행되는 중이염 진단 방법에 있어서,

환자의 귀내시경 이미지를 수신하는 단계;

상기 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역(region of interest)에 기초하여, 입력 귀내시경 이미지를 생성하는 단계;

상기 입력 귀내시경 이미지로부터 중이염 진단 모델의 공유된 레이어에 기초하여 특징 데이터를 추출하는 단계;

상기 중이염 진단 모델의 복수의 분류기 레이어들 중 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력하는 단계; 및

상기 복수의 분류기 레이어들 중 상기 제1 분류기 레이어와 분리된 복수의 제2 분류기 레이어들에 기초하여, 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 출력하는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 귀내시경 이미지를 수신하는 단계는,

상기 환자의 고막(tympanic membrane)을 촬영한 비디오 시퀀스(video sequence)를 수신하는 단계; 및

상기 비디오 시퀀스를 사용자에게 의해 결정된 프레임(frame) 개수만큼, 복수의 귀내시경 이미지들을 획득하는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 입력 귀내시경 이미지를 생성하는 단계는,

상기 귀내시경 이미지에서 상기 환자의 개인식별가능정보를 제거하는 단계;

상기 귀내시경 이미지로부터 미리 지정된 형상을 갖는 상기 관심 영역(region of interest)을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 관심 영역을, 2차원 형태의 상기 귀내시경 이미지의 중앙(center)에 배치시키는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 질환 예측 결과를 출력하는 단계는,

상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 프라이머리 클래스에 속하는 프라이머리 질환들에 관한 확률들을 획득하는 단계; 및

상기 프라이머리 질환들에 관한 확률 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는 단계

를 포함하는,

중이염 진단 방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 단일 질환 예측 결과를 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 출력하는 단계는,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 세컨더리 클래스에 속하는 세컨더리 질환에 관한 확률들을 획득하는 단계; 및

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 상기 세컨더리 질환에 관한 확률에 기초한 질환 발생 결과를, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 단일 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는 단계

를 포함하는,

중이염 진단 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 사용자에게 출력하는 단계는,

상기 프라이머리 클래스에서 상기 질환 예측 결과에 해당하는 질환을 제외한 질환들 중, 가장 높은 확률을 가지는 질환의 확률을 대상 결과로 설정하는 단계; 및

상기 질환 예측 결과의 확률 및 상기 대상 결과의 확률 간의 차이가 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공하는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 사용자에게 출력하는 단계는,

상기 세컨더리 질환에 관한 질환 발생 결과 중, 질환이 발생된 상기 세컨더리 클래스 질환에 관한 제2 분류기

레이어들을 선택하는 단계; 및

상기 선택된 레이어들에 대한 세컨더리 질환에 관한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률이 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공하는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 특징 데이터를 추출하는 단계는,

상기 학습된 중이염 진단 모델의 상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 적어도 일부 연결을 스킵(skip)하는 것에 기초하여, 특징 데이터를 추출하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 20

제12항에 있어서,

상기 특징 데이터를 추출하는 단계는,

상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 선택된 제1 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제1 특징 데이터를 추출하는 단계;

상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 상기 제1 연결과 다른 제2 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제2 특징 데이터를 추출하는 단계; 및

상기 노드들 간에 스킵되는 연결의 변경을 반복하면서, 상기 제1 특징 데이터 및 상기 제2 특징 데이터를 포함하는 복수의 특징 데이터들을 추출하는 단계

를 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률을 획득하는 단계;

상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대하여, 상기 제1 분류기 레이어에서 획득된 질환들에 대한 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 질환 이진(binary) 결과로 변환하는 단계;

상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 상기 복수의 질환 결과들에 대한 평균을 나타내는 제1 통계 결과를 획득하는 단계; 및

상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 가장 높은 제1 통계 결과를 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력하는 단계

를 더 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들을 적용하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 속하는 질환들에 대한 확률들을 획득하는 단계;

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대응하는 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 단일 질환 이진(binary) 결과로 변환하는 단계;

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 단일 질환 이진 결과들에 대한 평균을 나타내는 제2 통계 결과를 획득하는 단계; 및

상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 제2 통계 결과를, 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 상기 단일 질환 예측 결과로서 출력하는 단계

를 더 포함하는 중이염 진단 방법.

청구항 23

하드웨어와 결합되어 제12항 내지 제22항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이하, 중이염 진단 방법 및 장치에 관한 기술이 제공된다.

배경 기술

[0002] 급성중이염은 3세 이전의 소아 80%가 경험할 정도로 흔히 발생하고 재발이 빈번하며 많은 항생제를 사용하는 경우가 많은 질환이다. 삼출성 중이염은 급성 중이염의 후유증이나 저하된 중이 환기관의 기능으로 인해 고막 내에 삼출액이 축적되어 발생하는 질환으로 소아 연령에서 난청을 일으키는 가장 흔한 원인으로 알려져 있다. 10살 이전까지 80%의 소아에서 한번 이상 삼출성 중이염에 걸리는 것으로 알려져 있다.

[0003] 병원에서 중이염의 진단은 일반적으로 외이도를 통해 고막에 근접하여 영상을 획득하는 내시경이 사용된다. 소아과 또는 가정의학과 등 다양한 병원에서 활용되며, 개인병원 등에도 설비를 갖추고 있는 경우가 많다. 최근에는 개인용 통신장비(handset 또는 tablet)와 연결되는 휴대장치 형태의 내시경도 개발되는 등, 고막 영상을 획득할 수 있는 기회가 증가하는 추세다.

[0004] 하지만, 중이염은 질환의 양태가 다양하여 많은 경험을 가진 전문의도 정확한 진단을 내리기 어려운 경우도 다수 존재한다. 최근에는 딥러닝 기술의 발전으로 주요한 질환을 분류하는 기술이 높은 성능을 보이기도 했으나, 학습의 대상으로 고려되지 않은 질환에 대해서는 진단을 지원할 수 없다. 따라서, 질환의 발생 또는 이상여부와 관련된 정보를 효과적으로 제공할 수 있는 방법의 개발이 절실하다.

[0005] 또한, 중이질환을 정확하게 진단하기 위해서, 중이질환을 동시에 존재할 수 있는 질환과 동시에 존재할 수 없는 질환으로 나누어 분류하는 방법이 필요하다.

[0006] 위에서 설명한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에 따른 중이염 진단 전자 장치에 있어서, 적어도 하나의 컨볼루션 연산을 포함하는 공유된 레이어 및

상기 공유된 레이어에 연결된 복수의 분류기 레이어들을 포함하는 학습된 중이염 진단 모델 및 컴퓨터로 실행 가능한 명령어들(computer-executable instructions)을 저장한 메모리; 상기 메모리에 액세스(access)하여 상기 명령어들을 실행하는 프로세서; 상기 프로세서와 전기적으로 연결된 디스플레이; 및 환자의 귀내시경 이미지(otoendoscopic image)를 수신하는 영상 획득부를 포함하고, 상기 명령어들은, 상기 환자의 귀내시경 이미지를 수신하고, 상기 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역(region of interest)에 기초하여, 입력 귀내시경 이미지를 생성하고, 상기 입력 귀내시경 이미지로부터 상기 공유된 레이어에 기초하여 특징 데이터를 추출하고, 상기 복수의 분류기 레이어들 중 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력하며, 상기 복수의 분류기 레이어들 중 상기 제1 분류기 레이어와 분리된 복수의 제2 분류기 레이어들에 기초하여, 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 출력할 수 있다.

- [0008] 상기 프로세서는, 상기 환자의 고막(tympanic membrane)을 촬영한 비디오 시퀀스(video sequence)를 수신하고, 상기 비디오 시퀀스를 사용자에게 의해 결정된 프레임(frame) 개수만큼, 복수의 귀내시경 이미지들을 획득할 수 있다.
- [0009] 상기 프로세서는, 상기 귀내시경 이미지에서 상기 환자의 개인식별가능정보를 제거하고, 상기 귀내시경 이미지로부터 미리 지정된 형상을 갖는 상기 관심 영역(region of interest)을 추출하고, 상기 추출된 관심 영역을, 2차원 형태의 상기 귀내시경 이미지의 중앙(center)에 배치시킬 수 있다.
- [0010] 상기 프로세서는, 상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 프라이머리 클래스에 속하는 프라이머리 질환들에 관한 확률들을 획득하고, 상기 프라이머리 질환들에 관한 확률 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다.
- [0011] 상기 프로세서는, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 기초하여, 상기 추출된 특징 데이터로부터 상기 세컨더리 클래스에 속하는 세컨더리 질환에 관한 확률을 획득하고, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 상기 세컨더리 질환에 관한 확률에 기초한 질환 발생 결과를, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 단일 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다.
- [0012] 상기 프로세서는, 상기 프라이머리 클래스에서 상기 질환 예측 결과에 해당하는 질환을 제외한 질환들 중, 가장 높은 확률을 가지는 질환의 확률을 대상 결과로 설정하고, 상기 질환 예측 결과의 확률 및 상기 대상 결과의 확률 간의 차이가 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다.
- [0013] 상기 프로세서는, 상기 세컨더리 질환에 관한 질환 발생 결과 중, 질환이 발생된 상기 세컨더리 클래스 질환에 관한 제2 분류기 레이어들을 선택하고, 상기 선택된 레이어들에 대한 세컨더리 질환에 관한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률이 사용자에게 의해 결정된 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 상기 사용자에게 상기 귀내시경 이미지와 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다.
- [0014] 상기 프로세서는, 상기 학습된 중이염 진단 모델의 상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 적어도 일부 연결을 스킵(skip)하는 것에 기초하여, 특징 데이터를 추출할 수 있다.
- [0015] 상기 프로세서는, 상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 선택된 제1 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제1 특징 데이터를 추출하고, 상기 공유된 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 상기 제1 연결과 다른 제2 연결을 스킵하는 것에 기초하여, 제2 특징 데이터를 추출하며, 상기 노드들 간에 스킵되는 연결의 변경을 반복하면서, 상기 제1 특징 데이터 및 상기 제2 특징 데이터를 포함하는 복수의 특징 데이터들을 추출할 수 있다.
- [0016] 상기 프로세서는, 상기 제1 분류기 레이어에 기초하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률을 획득하고, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대하여, 상기 제1 분류기 레이어에서 획득된 질환들에 대한 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 질환 이진 결과로 변환하고, 상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 상기 복수의 질환 이진(binary) 결과들에 대한 평균을 나타내는 제1 통계 결과를 획득하고, 상기 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 가장 높은 제1 통계 결과를 상기 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다.
- [0017] 상기 프로세서는, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들을 적용하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대한 상기 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률들을 획득하고, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 특징 데이터들 각각에 대응하는 확률을 미리 결정된 임계 값을 기준

으로 단일 질환 이진(binary) 결과로 변환하며, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대하여, 상기 복수의 단일 질환 이진 결과들에 대한 평균을 나타내는 제2 통계 결과를 획득하고, 상기 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 제2 통계 결과를, 상기 복수의 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 상기 단일 질환 예측 결과로서 출력할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 일 실시예에 따른 중이염을 진단하는 전자 장치를 도시한 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 중이염을 진단하는 방법을 도시한 흐름도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 프라이머리 클래스에 속하는 질환 및 세컨더리 클래스에 속하는 질환을 도시한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 귀내시경 이미지로부터 중이염을 진단하는 중이염 진단 모델을 도시한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델로부터 획득되는 예측 결과들을 도시한 도면이다.

도6a 내지 도 6c는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 분류기 레이어들에서 획득되는 예측 결과를 도시한 도면이다.

도 7은 일 실시예에 따른 복수의 특징 데이터들로부터 예측 결과를 획득하는 방법을 도시한 도면이다.

도 8은 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 McNemar 테스트 결과를 도시한 도면이다.

도 9는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 confusion 행렬(confusion matrix)를 도시한 도면이다.

도 10은 일 실시예에 따른 프라이머리 클래스 및 세컨더리 클래스에 대한 ROC 커브를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0020] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0021] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0022] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로써 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0023] 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

- [0026] 도 1은 일 실시예에 따른 중이염을 진단하는 전자 장치를 도시한 도면이다.
- [0027] 일 실시예에 따른 전자 장치(100)는 환자(170)의 귀내시경 이미지(otoendoscopic image)를 중이염 진단 모델(130)에 적용하여, 중이염 질환들에 대한 복수의 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치(100)는 프로세서(110), 메모리(120), 영상 획득부(140), 및 디스플레이(150)를 포함할 수 있다.
- [0028] 프로세서(110)는 환자(170)의 귀내시경 이미지를 귀내시경 장치(180)로부터 수신할 수 있다. 프로세서(110)는 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역(region of interest)에 기초하여 입력 귀내시경 이미지를 생성할 수 있다. 귀내시경 이미지는 귀내시경 장치(180)의 내시경 카메라(160)에 의해 환자(170)의 고막(tympanic membrane)이 촬영된 이미지일 수 있다. 프로세서(110)는 입력 귀내시경 이미지를 중이염 진단 모델(130)에 적용하여, 중이염 질환들에 대한 복수의 질환 예측 결과들을 획득할 수 있다. 프로세서(110)는 소프트웨어를 실행할 수 있고, 프로세서(110)에 연결된 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있다. 프로세서(110)는 이외에도 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(110)는 영상 획득부(140)에 의해 귀내시경 장치(180)로부터 수신된 귀내시경 이미지를 메모리(120)에 저장할 수 있다. 프로세서(110)는 후술하는 중이염 진단 방법을 이용하여 귀내시경 이미지에 대해 복수의 질환 예측 결과들을 결과 데이터로서 디스플레이(150)를 통해 출력할 수 있다.
- [0029] 메모리(120)는 중이염 진단을 수행하기 위해 요구되는 다양한 데이터 및/또는 정보를 임시적으로 및/또는 영구적으로 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리(120)는 귀내시경 이미지, 컴퓨터로 실행 가능한 명령어들(computer-executable instructions), 또는 중이염 진단 모델(130) 중 적어도 하나를 저장할 수 있다.
- [0030] 중이염 진단 모델(130)은 이미지 또는 영상으로부터 중이염 질환에 관한 예측 결과를 출력하는 학습된 기계학습 모델일 수 있다. 중이염 진단 모델에 관한 설명은 하기 도 4에서 후술한다.
- [0031] 영상 획득부(140)는 귀내시경 장치(180)로부터 환자(170)의 귀내시경 이미지를 수신할 수 있다. 본 명세서에서는 귀내시경 이미지가 환자(170)의 고막이 촬영된 비디오 시퀀스(video sequence) 중 적어도 하나의 프레임(frame)에 해당하는 이미지인 예시를 주로 설명한다. 다만, 전자 장치(100)가 하나의 귀내시경 이미지를 수신하는 것을 주로 설명하나, 이로 한정하는 것은 아니다. 예를 들어, 전자 장치(100)는 비디오 시퀀스를 수신할 수 있다. 전자 장치(100)는 사용자에게 의해 결정된 프레임 개수만큼, 수신된 비디오 시퀀스로부터 복수의 귀내시경 이미지들을 획득할 수 있다. 전자 장치(100)는 획득된 복수의 귀내시경 이미지들을 각각을 중이염 진단 모델(130)에 적용할 수 있다.
- [0032] 디스플레이(150)는 환자(170)의 중이염 질환들에 대한 복수의 질환 예측 결과들을 사용자(예를 들어, 의료인)에게 시각적으로 제공할 수 있다. 디스플레이(150)는 귀내시경 이미지, 입력 귀내시경 이미지, 질환 예측 결과, 단일 질환 예측 결과들, 또는 중이염 진단 재시도를 제안하는 알림(notification) 중 적어도 하나를 시각적으로 출력할 수 있다. 예를 들어, 디스플레이(150)는 터치를 감지하도록 설정된 터치 센서, 또는 상기 터치에 의해 발생하는 힘의 세기를 측정하도록 설정된 압력 센서를 포함할 수 있다. 다만, 이로 한정하는 것은 아니고, 디스플레이(150)는, 예를 들면, 디스플레이, 홀로그램 장치, 또는 프로젝터 및 해당 장치를 제어하기 위한 제어 회로를 포함할 수 있다.
- [0033] 도 2는 일 실시예에 따른 중이염을 진단하는 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0034] 단계(210)에서, 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 귀내시경 장치(예: 도 1의 귀내시경 장치(180))로부터 환자(예: 도 1의 환자(170))의 귀내시경 이미지를 수신할 수 있다. 귀내시경 장치는 일반적인 내시경에 사용되는 CCD 카메라, CMOS 카메라 등을 포함할 수 있으며, 이에 특별히 한정되지 아니한다. 귀내시경 이미지는 캡슐 내시경 영상, 초음파 또는 본 발명의 기술분야에서 공지된 임의의 다른 의료 영상 시스템의 의하여 수집된 환자의 의료 영상으로, 귀내시경 영상과 유사한 형태로 변환된 영상일 수 있다.
- [0035] 단계(220)에서, 전자 장치는 수신된 귀내시경 이미지로부터 추출된 관심 영역에 기초하여 입력 귀내시경 이미지를 생성할 수 있다. 입력 귀내시경을 생성하는 방법은 하기 도 4에서 후술한다.
- [0036] 단계(230)에서, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지로부터 공유된 레이어에 기초하여 특징 데이터(feature data)를 추출할 수 있다. 특징 데이터는, 중이염 진단 모델의 공유된 레이어에 입력 귀내시경 이미지가 적용되어 추출된, 추상화된 값들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 공유된 레이어는 복수의 컨볼루션 레이어(convolutional layer)들을 포함할 수 있다. 컨볼루션 레이어는, 복수의 컨볼루션 필터(convolutional filter)를 이용하여, 입력된 데이터(예를 들어, 입력 귀내시경 이미지)로부터 복수의 특징맵을 추출하는데 이용될 수 있다. 여기서,

공유된 레이어로부터 추출된 복수의 특징맵은, 특징 데이터일 수 있다. 후술하겠으나, 전자 장치는 특징 데이터를 복수의 분류기 레이어들에 적용하여, 복수의 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다.

- [0037] 단계(240a)에서, 전자 장치는 추출된 특징 데이터로부터 제1 분류기 레이어에 기초하여 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제1 분류기 레이어는 공유된 레이어에서 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 예측 결과를 출력하는 레이어들을 포함할 수 있다. 제1 분류기 레이어에 관한 자세한 설명은 하기 도 4에서 후술한다.
- [0038] 프라이머리 클래스에 속하는 질환들은 삼출성 중이염(OME: otitis media with effusion), 만성 중이염(COM: chronic otitis media), 선천성 진주종(congenital cholesteatoma), 또는 질환 부재(absence) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 관한 설명은 하기 도 3에서 후술한다.
- [0039] 질환 예측 결과는 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중, 가장 높은 확률을 가지는 질환일 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 제1 분류기 레이어에 기초하여, 추출된 특징 데이터로부터 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 관한 확률들을 획득할 수 있다. 전자 장치는 특징 데이터로부터 제1 분류기 레이어에 기초하여 삼출성 중이염에 대한 확률, 만성 중이염에 대한 확률, 또는 질환 부재에 대한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률을 획득할 수 있다. 전자 장치는 프라이머리 질환들에 관한 확률 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는, 삼출성 중이염에 대한 확률, 만성 중이염에 대한 확률, 또는 질환 부재에 대한 확률 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다. 다만, 이로 한정하는 것은 아니고, 전자 장치는 삼출성 중이염에 대한 확률, 만성 중이염에 대한 확률, 또는 질환 부재에 대한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률을 포함하는 확률들의 집합을 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다. 또한, 질환 예측 결과를 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 확률로 한정하는 것은 아니고, 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 통계 결과일 수 있다. 프라이머리 클래스에 속하는 질환들의 통계 결과를 획득하는 방법은, 하기 도 7에서 후술한다.
- [0040] 단계(240b)에서, 전자 장치는, 제1 분류기 레이어와 분리된 복수의 제2 분류기 레이어들에 기초하여, 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 개별적으로 출력할 수 있다. 예를 들어, 제2 분류기 레이어들은 공유된 레이어에서 추출된 특징 데이터로부터 세컨더리 클래스에 속하는 질환들의 각 질환에 대한 예측 결과를 개별적으로 출력하는 레이어들을 포함할 수 있다. 복수의 제2 분류기 레이어들 각각은, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 중 적어도 하나의 질환에 대한 단일 질환 예측 결과를 출력할 수 있다. 제2 분류기 레이어들에 관한 자세한 설명은 하기 도 4에서 후술한다.
- [0041] 세컨더리 클래스에 속하는 질환들은 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma), 고막염(Myringitis), 귀곰팡이증(Otomycosis), 고실 경화증(tympanosclerotic plague), 또는 환기관(Ventilating tube) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 관한 설명은 하기 도 3에서 후술한다.
- [0042] 단일 질환 예측 결과는 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 질환 발생 결과일 수 있다. 예를 들어, 질환 발생 결과는 질환이 발생되었는지 여부를 나타내는 결과일 수 있다. 전자 장치는 복수의 제2 분류기 레이어들 각각에 기초하여, 특징 데이터로부터 세컨더리 클래스에 속하는 세컨더리 질환에 관한 확률을 획득할 수 있다. 전자 장치는, 상고실 진주종에 대한 확률, 고막염에 대한 확률, 귀곰팡이증에 대한 확률, 또는 환기관에 대한 확률을, 제2 분류기 레이어들 중 해당하는 제2 분류기 레이어에서 개별적으로 획득할 수 있다. 전자 장치는, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률이 사용자에게 의해 미리 결정된 임계 값 이상인 경우, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해 질환 발생 결과를 결정할 수 있다. 전자 장치는, 결정된 질환 발생 결과에 기초하여, 사용자에게, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 질환 발생 결과를 출력할 수 있다. 즉, 전자 장치는 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 세컨더리 질환에 관한 확률에 기초한 질환 발생 결과를, 제2 분류기 레이어들 각각에 대한 단일 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다. 다만, 단일 질환 예측 결과를 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률에 의한 질환 발생 결과로 한정하는 것은 아니고, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 통계 결과일 수 있다. 세컨더리 클래스에 속하는 질환들의 통계 결과를 획득하는 방법은, 하기 도 7에서 후술한다.
- [0043] 도 3은 일 실시예에 따른 프라이머리 클래스에 속하는 질환 및 세컨더리 클래스에 속하는 질환을 도시한 도면이다.
- [0044] 일 실시예에 따른 프라이머리 클래스(310)는 중이염 관련 질환들 중 서로 동시에 존재 및/또는 발병할 가능성이 낮은 질환들로서, 예시적으로, 서로 일정 시간 기간(time period) 동안 함께 발병이 불가능한 질환들을 포함할

수 있다. 구체적으로, 동시에 존재할 수 있는 가능성은 사용자의 판단 또는 과거 진료기록의 통계 결과 중 적어도 하나에 의해 결정될 수 있다. 사용자의 판단은, 특정 질환이 의료인 또는 의료 관계인에 의해 프라이머리 클래스에 속하는 질환으로 결정된 예시일 수 있다. 통계 결과는 복수의 귀내시경 이미지들 또는 복수의 진료 기록에서 특정 질환들이 동시에 존재할 수 있는 가능성을 나타내는 결과일 수 있다. 그러므로, 환자의 고막을 촬영한 귀내시경 이미지는, 삼출성 중이염 및 만성 중이염을 동시에 포함할 수 있는 가능성이 낮을 수 있다. 세컨더리 클래스(320)는 중이염 관련 질환들 중 서로 일정 시간 기간 동안 함께 발병이 가능한 질환들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 세컨더리 클래스(320)에 속하는 질환들은 환자의 고막에서 동시에 존재할 수 있는 가능성이 높은 질환들일 수 있다. 예를 들어, 환자의 고막을 촬영한 귀내시경 이미지는, 상고실 진주종 및 고막염을 동시에 포함할 수 있는 가능성이 높을 수 있다.

[0045] 도 4는 일 실시예에 따른 귀내시경 이미지로부터 중이염을 진단하는 중이염 진단 모델을 도시한 도면이다.

[0046] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 귀내시경 이미지(410)를 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용시킬 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 귀내시경 이미지(410)에서 환자의 개인식별가능정보를 제거할 수 있다. 전자 장치는 귀내시경 이미지(410)로부터 미리 지정된 형상을 갖는 관심 영역(415)을 추출할 수 있다. 전자 장치는 추출된 관심 영역(415)을, 2차원 형태의 귀내시경 이미지의 중앙(center)에 배치시킬 수 있다. 전자 장치는, 관심 영역(415)을 귀내시경 이미지의 중앙에 배치시킴으로써, 입력 귀내시경 이미지(430)를 생성할 수 있다. 전자 장치는 귀내시경 이미지(410)에서 추출된 관심 영역(415)에 기초하여 생성된 입력 귀내시경 이미지(430)를, 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용시킬 수 있다. 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(430)를 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용하여, 복수의 질환 예측 결과들을 획득할 수 있다. 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(430)를 학습된 중이염 진단 모델(440)에 순전파(feed forward)시킨 것에 기초하여 복수의 질환 예측 결과들을 획득할 수 있다.

[0047] 예시적으로 중이염 진단 모델(440)은 뉴럴 네트워크를 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크는 레이어를 포함하고, 각 레이어는 노드를 포함할 수 있다. 노드는 활성화 함수(activation function)에 기초하여 결정되는 노드 값을 가질 수 있다. 임의의 레이어의 노드는 다른 레이어의 노드(예: 다른 노드)와 연결 가중치(connection weight)를 갖는 링크(예: 연결선(connection edge))를 통해 연결될 수 있다. 노드의 노드 값은 링크를 통해 다른 노드들로 전파될 수 있다. 뉴럴 네트워크의 추론 동작에서는, 노드 값들이 이전 레이어로부터 다음 레이어의 방향으로 순전파(forward propagate)될 수 있다. 예시적으로 중이염 진단 모델(440)에서 순전파 연산은, 공유된 레이어(442)의 입력층으로부터 분류기 레이어를 향하는 방향으로, 입력된 데이터에 기초한 노드 값을 전파하는 연산을 나타낼 수 있다. 노드와 연결선을 통해 연결된 다음 레이어의 노드(예: 다음 노드)로, 해당 노드의 노드 값이 전파(예: 순전파)될 수 있다. 예를 들어, 노드는 연결선을 통해 연결된 이전 노드(예: 복수의 노드들)로부터 연결 가중치에 의해 가중된(weighted) 값을 수신할 수 있다. 노드의 노드 값은 이전 노드들로부터 수신된 가중된 값들의 합(예: 가중 합)에 활성화 함수를 적용한 것에 기초하여 결정될 수 있다. 뉴럴 네트워크의 파라미터는 예시적으로 전술한 연결 가중치를 포함할 수 있다. 뉴럴 네트워크의 파라미터는 후술하는 목적 함수 값이 타겟팅된 방향(예: 손실이 최소화되는 방향)으로 변경되도록 업데이트될 수 있다.

[0048] 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(430)를 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용함으로써, 공유된 레이어(442)에 기초하여 특정 데이터를 추출할 수 있다. 전자 장치는 추출된 특정 데이터를 분류기 레이어들에 적용함으로써, 분류기 레이어들에 기초하여 복수의 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다.

[0049] 입력 귀내시경 이미지(430)는 관심 영역이 중앙에 배치된 형태로서, $256 \times 256 \times 3$ 으로 재포맷된 RGB이미지일 수 있다. 관심 영역(415)은 귀내시경 이미지에서 환자의 고막을 포함하는 일정 영역(예를 들어, 원형)만이 선택된 영역일 수 있다. 전자 장치는, 환자의 고막에 대응되는 영역을 사용자의 관심 영역(415)으로 추정하여 추출할 수 있다. 전자 장치는 관심 영역(415)을 이미지의 중앙에 배치시킬 수 있다. 전자 장치는 관심 영역이 중앙에 배치된 이미지인 입력 귀내시경 이미지(430)로 생성할 수 있다.

[0050] 학습된 중이염 진단 모델(440)은 기계 학습을 통해 학습된 모델을 나타낼 수 있고, 상세하게는, 이미지 또는 영상으로부터 중이염 질환에 관한 예측 결과를 출력하는 학습된 기계학습 모델일 수 있다. 학습된 중이염 진단 모델(440)은 입력 귀내시경 이미지(430)로부터 복수의 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다.

[0051] 기계학습 모델(예를 들어, 학습된 중이염 진단 모델(440))은 기계 학습을 통해 생성될 수 있다. 학습 알고리즘은, 예를 들어, 지도형 학습(supervised learning), 비지도형 학습(unsupervised learning), 준지도형 학습(semi-supervised learning) 또는 강화 학습(reinforcement learning)을 포함할 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 기계학습 모델은, 복수의 인공 신경망 레이어들을 포함할 수 있다. 구체적으로, 학습된 중이염

진단 모델(440)은 적어도 하나의 컨볼루션 연산을 포함하는 공유된 레이어(442)(shared layer) 및 상기 공유된 레이어(442)에 연결된 복수의 분류기 레이어들(예를 들어, task-specific layers)을 포함할 수 있다. 인공 신경망은 심층 신경망(DNN: deep neural network), CNN(convolutional neural network), RNN(recurrent neural network), RBM(restricted boltzmann machine), DBN(deep belief network), BRDNN(bidirectional recurrent deep neural network), 심층 Q-네트워크(deep Q-networks) 또는 상기 중 둘 이상의 조합 중 하나일 수 있으나, 전술한 예에 한정되지 않는다. 참고로, 본 명세서에서는 중이염 진단 모델(440)의 공유된 레이어(442)가, 적어도 하나의 컨볼루션 연산을 포함하는 CNN(convolutional neural network)인 예를 주로 설명한다. 예를 들어, 중이염 진단 모델(440)은 EfficientNet B-4 모델일 수 있다. 또한, 지도형 학습의 경우, 상술한 기계 학습 모델은 트레이닝 입력(예를 들어, 학습을 위한 환자(예: 도 1의 환자(170))의 귀내시경 이미지) 및 해당 트레이닝 입력에 매핑된 트레이닝 출력(예를 들어, 학습을 위한 복수의 질환 예측 결과들)의 쌍을 포함하는 트레이닝 데이터에 기초하여 학습될 수 있다. 예를 들어, 기계 학습 모델은 트레이닝 입력으로부터 트레이닝 출력을 출력하도록 학습될 수 있다. 학습 중의 기계 학습 모델은 트레이닝 입력에 응답하여 임시 출력을 생성할 수 있고, 임시 출력 및 트레이닝 출력(예를 들어, 트레이닝의 타겟) 간의 손실이 최소화되도록 학습될 수 있다. 학습 과정 동안 기계 학습 모델의 파라미터(예를 들어, 뉴럴 네트워크에서 노드들/레이어들 간의 연결 가중치)가 손실에 따라 업데이트될 수 있다. 이러한 학습은, 예를 들어, 기계학습 모델이 수행되는 전자 장치 자체에서 수행될 수 있고, 별도의 서버를 통해 수행될 수도 있다. 학습이 완료된 기계 학습 모델(예를 들어, 학습된 중이염 진단 모델(440))은 메모리(예: 도 1의 메모리(120))에 저장될 수 있다.

[0052] 참고로, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 학습을 위해, 수학적 식 1을 중이염 진단 모델의 학습에 목적 함수로서 사용할 수 있다.

수학적 식 1

$$L_{CCE} = -\frac{1}{N} \sum_i^N \sum_c^M t_{i,c} \log(p_{i,c})$$

[0053]

[0054] 여기서, N 은 중이염 진단 모델의 학습에 사용되는 트레이닝 입력의 개수를 나타낼 수 있고, M 은 클래스들의 개수(예를 들어, 도 4를 참조하면 5개의 클래스 개수)를 나타낼 수 있다. 또한, $t_{i,c}$ 는 i 번째 트레이닝 입력의 클래스 c 의 참값(ground truth)를 나타낼 수 있고, $p_{i,c}$ 는 i 번째 트레이닝 입력의 클래스 c 의 임시 출력(예를 들어, 출력되는 확률)을 나타낼 수 있다. 또한, L_{CCE} 는 'categorical cross-entropy loss'를 나타낼 수 있다.

[0055] 다시 말해, 전자 장치는 상술한 수학적 식 1을 기계학습 모델의 학습을 위한 목적 함수로 설정하고, 상술한 목적 함수를 통해 학습된 기계학습 모델을 학습된 중이염 진단 모델(440)로 할 수 있다.

[0056] 공유된 레이어(442)는 입력 레이어 및 히든 레이어인 복수의 컨볼루션 레이어(convolutional layer)들을 포함할 수 있다. 전자 장치는, 컨볼루션 레이어에서 제1 컨볼루션 필터(예를 들어, 도 4에서 'Conv 3×3') 또는 제2 컨볼루션 필터(예를 들어, 도 4에서 'MBCConv 3×3') 중 적어도 하나 이상의 컨볼루션 필터를 사용할 수 있다. 컨볼루션 레이어는 입력 데이터(예를 들어, 입력 귀내시경 이미지(430))와 컨볼루션 필터 간의 컨볼루션 동작을 수행하는 레이어일 수 있다. 예를 들어, 제1 컨볼루션 필터 및 제2 컨볼루션 필터는, 학습된 연결 가중치를 나타낼 수 있다. 전자 장치는, 공유된 레이어(442)에서 입력 귀내시경 이미지(430) 및 학습된 연결 가중치 간의

컨볼루션 동작에 기초하여, 특징 데이터를 추출할 수 있다.

- [0057] 분류기 레이어들은 프라이머리(primary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 질환 예측 결과를 출력하는 제1 분류기 레이어(444) 및 세컨더리(secondary) 클래스에 속하는 질환들에 대한 단일 질환 예측 결과를 개별적으로 출력하는 제2 분류기 레이어들(446)을 포함할 수 있다. 분류기 레이어들 각각은, 서로 별개의 학습된 연결 가중치(예를 들어, 분류기 레이어들 각각에서 노드들/레이어들 간의 연결 가중치)들을 포함할 수 있다. 전자 장치는, 분류기 레이어에서 추출된 특징 데이터 및 학습된 연결 가중치 간의 연산에 기초하여, 복수의 질환 예측 결과들을 획득할 수 있다.
- [0058] 제1 분류기 레이어(444)는 제2 분류기 레이어들(446)과 분리된 레이어들을 포함할 수 있다. 전자 장치는, 특징 데이터 및 제1 분류기 레이어(444)의 학습된 연결 가중치 간의 연산을 통해 제1 분류기 레이어(444)에서 질환 예측 결과를 출력할 수 있다.
- [0059] 제2 분류기 레이어들(446)은 제1 분류기 레이어와 분리된 적어도 하나 이상의 레이어들을 포함할 수 있다. 전자 장치는, 특징 데이터 및 제2 분류기 레이어들(446) 각 레이어의 학습된 연결 가중치 간의 연산을 통해 단일 질환 예측 결과를 출력할 수 있다.
- [0060] 전자 장치는 하나의 입력 귀내시경 이미지(430)를, 하나의 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용하여, 복수의 질환 예측 결과들을 획득할 수 있다. 전자 장치는 하나의 특징 데이터를 복수개의 분류기 레이어들에 적용하여, 복수개의 중이염 관련 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다. 전자 장치는, 학습된 중이염 진단 모델(440)을 통해, 비교 대상 모델(예를 들어, 독립 중이염 진단 모델) 대비 사용자에게 높은 정확성 및 편의성을 제공할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는, 하나의 입력 귀내시경 이미지(430)를 하나의 학습된 중이염 진단 모델(440)에 적용함으로써, 사용자에게 복수의 질환 예측 결과들을 동시에(simultaneously) 제공할 수 있다. 사용자는, 하나의 입력 귀내시경 이미지(430)를 학습된 중이염 진단 모델(440)에 한 번 적용시킴으로써, 복수의 질환 예측 결과들을 동시에 획득할 수 있다. 학습된 중이염 진단 모델(440)은 복수개의 분류기 레이어들을 통해 복수의 질환 예측 결과들을 동시에 출력할 수 있다. 또한, 학습된 중이염 진단 모델(440)은 비교 대상 모델 대비 우수한 성능을 가질 수 있다. 예를 들어, 학습된 중이염 진단 모델(440)은, 동일한 입력 귀내시경 이미지에 대해, 비교 대상 모델 대비 정답에 가까운 결과를 출력할 수 있다. 학습된 중이염 진단 모델(440)의 정확성에 관한 설명은 하기 도 8 내지 도 10에서 후술한다.
- [0061] 도 5는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델로부터 획득되는 예측 결과들을 도시한 도면이다.
- [0062] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 학습된 중이염 진단 모델(예: 도 4의 학습된 중이염 진단 모델(440))을 통해, 복수의 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 하나의 중이염 질환 또는 복수의 중이염 질환들에 대해 예측 결과들을 출력할 수 있다.
- [0063] 전자 장치는 하나의 중이염 질환에 대해 제1 결과(510) 내지 제3 결과(530)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제1 결과(510)의 정답이 normal인 경우, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제1 분류기 레이어에서 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 질환 부재를 나타내는 'None' 결과(예를 들어, 제1 결과(510)의 질환 예측 결과)를 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제2 분류기 레이어들에서 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대하여 'False' 결과(예를 들어, 제1 결과(510)의 단일 질환 예측 결과)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제2 결과(520)의 정답이 귀곰팡이증(Otomycosis)인 경우, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제1 분류기 레이어에서 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 질환 부재를 나타내는 'None' 결과를 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제2 분류기 레이어들 중, 귀곰팡이증에 해당하는 제2 분류기 레이어에서 'True' 결과를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제3 결과(530)의 정답이 만성 중이염(COM: chronic otitis media)인 경우, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제1 분류기 레이어에서 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 만성 중이염을 나타내는 'COM' 결과를 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제2 분류기 레이어들에서 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대하여 'False' 결과를 출력할 수 있다.
- [0064] 전자 장치는 복수의 중이염 질환들에 대해 제4 결과(540) 및 제5 결과(550)를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제4 결과(540)의 정답이 삼출성 중이염(OME: otitis media with effusion) 및 고막염(Myringitis)인 경우, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제1 분류기 레이어에서 프라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 삼출성 중이염을 나타내는 'OME' 결과를 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제2 분류기 레이어들 중, 고막염에 해당하는 제2 분류기 레이어에서 'True' 결과를 출력할 수 있다. 예를 들어, 제5 결과(550)의 정답이 고막염(Myringitis) 및 환기관(Ventilating tube)인 경우, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제1 분류기 레이어에서 프

라이머리 클래스에 속하는 질환들 중 질환 부재를 나타내는 'None' 결과를 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 중이염 진단 모델의 제2 분류기 레이어들 중, 고막염에 해당하는 제2 분류기 레이어에서 'True' 결과 및 환기관에 해당하는 제2 분류기 레이어에서 'True' 결과를 출력할 수 있다.

[0065] 도6a 내지 도 6c는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 분류기 레이어들에서 획득되는 예측 결과를 도시한 도면이다.

[0066] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는, 환자(664a)의 입력 귀내시경 이미지(610a)에 대한 질환 예측 결과(650a)를 사용자(662a)에게 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610a)를 중이염 진단 모델에 적용하여, 프라임리 클래스에 속하는 질환들에 대한 제1 확률 결과(640a)를 획득할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610a)를 공유된 레이어(620a)에 적용하여 특징 데이터를 추출하고, 추출된 특징 데이터를 분류기 레이어들 중 제1 분류기 레이어(630a)에 적용하여 제1 확률 결과(640a)를 획득할 수 있다. 전자 장치는, 제1 확률 결과(640a) 중 가장 높은 확률을 가지는 질환(예를 들어, 도 6a에서는 만성 중이염(COM: chronic otitis media))을 질환 예측 결과(650a)로서 출력할 수 있다. 전자 장치는, 질환 예측 결과(650a)를 디스플레이(660a)를 통해 사용자(662a)에게 출력할 수 있다. 다만, 질환 예측 결과(650a)를 이로 한정하는 것은 아니고, 전자 장치는 환자(664a)의 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대해 질환 예측 결과를 사용자(662a)에게 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 복수의 입력 귀내시경 이미지 각각을, 중이염 진단 모델에 적용하여, 프라임리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률들을 획득할 수 있다. 전자 장치는, 프라임리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 획득된 복수의 확률들에 기초하여, 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대한 제1 확률 결과를 획득할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 프라임리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 획득된 복수의 확률들의 평균값, 중앙값, 또는 최빈값 중 적어도 하나를, 프라임리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률로 계산할 수 있다. 전자 장치는, 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대한 제1 확률 결과 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 질환 예측 결과로서 출력할 수 있다.

[0067] 일 실시예에 따른 전자 장치는, 환자(664b)의 입력 귀내시경 이미지(610b)에 대한 단일 질환 예측 결과들(650b)을 사용자(662b)에게 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610b)를 중이염 진단 모델에 적용하여, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 제2 확률 결과들(640b)을 획득할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610b)를 공유된 레이어(620b)에 적용하여 특징 데이터를 추출하고, 추출된 특징 데이터를 분류기 레이어들 중 제2 분류기 레이어들(630b)에 적용하여 제2 확률 결과들(640b)을 획득할 수 있다. 전자 장치는, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률이 사용자에게 의해 미리 결정된 임계 값 이상인 경우, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해 질환 발생 결과를 결정할 수 있다. 전자 장치는, 제2 확률 결과들(640b)에 대해 미리 결정된 임계 값(예를 들어, 도 6b에서는 50%의 확률을 임계 값인 것으로 설정됨) 이상인지 여부를 통해, 단일 질환 예측 결과들(650b)을 출력할 수 있다. 예를 들어, 도 6b에서, 전자 장치는 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma)에 대한 확률이 80%이므로, 상고실 진주종에 대해 'True' 결과를 출력할 수 있다. 여기서, 상고실 진주종에 대해 'True' 결과는 환자(664b)에게 상고실 진주종 질환이 발생되었다는 것을 나타낼 수 있다. 반대로, 전자 장치는 귀곰팡이증(Otomycosis)에 대한 확률이 45%이므로, 귀곰팡이증에 대해 'False' 결과를 출력할 수 있다. 여기서, 귀곰팡이증에 대해 'False' 결과는 환자(664b)에게 귀곰팡이증 질환이 발생되지 않은 것을 나타낼 수 있다. 전자 장치는, 단일 질환 예측 결과들(650b)을 디스플레이(660b)를 통해 사용자(662b)에게 출력할 수 있다. 다만, 단일 질환 예측 결과들(650b)을 이로 한정하는 것은 아니고, 전자 장치는 환자(664b)의 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대해 단일 질환 예측 결과들을 사용자(662b)에게 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 복수의 입력 귀내시경 이미지 각각을, 중이염 진단 모델에 적용하여, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률들을 획득할 수 있다. 전자 장치는, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 획득된 복수의 확률들에 기초하여, 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대한 제2 확률 결과들을 획득할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해, 획득된 복수의 확률들의 평균값, 중앙값, 또는 최빈값 중 적어도 하나를, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률로 계산할 수 있다. 전자 장치는, 복수의 입력 귀내시경 이미지에 대한 제2 확률 결과들에 대해 미리 결정된 임계 값 이상인지 여부를 통해, 단일 질환 예측 결과들을 출력할 수 있다.

[0068] 일 실시예에 따른 전자 장치는, 입력 귀내시경 이미지(610c)에 대한 질환 예측 결과(650c) 및 단일 질환 예측 결과들(652c)을 출력할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610c)를 중이염 진단 모델(620c)에 적용하여, 질환 예측 결과(650c) 및 단일 질환 예측 결과들(652c)을 출력할 수 있다.

[0069] 전자 장치는 입력 귀내시경 이미지(610c)를 공유된 레이어(625c)에 적용하여 특징 데이터를 추출할 수 있다. 전자 장치는, 추출된 특징 데이터를 제1 분류기 레이어(630c) 및 제2 분류기 레이어들(632c)에 동시에 적용할

수 있다. 우선, 전자 장치는, 추출된 특징 데이터를 제1 분류기 레이어(630c)에 적용하여 제1 확률 결과(640c)를 획득할 수 있다. 그리고, 전자 장치는 제1 확률 결과(640c)를 획득함과 동시에, 추출된 특징 데이터를 제2 분류기 레이어들(632c)에 적용하여 제2 확률 결과들(642c)을 획득할 수 있다.

[0070] 전자 장치는, 제1 확률 결과(640c) 중 가장 높은 확률을 가지는 질환을 질환 예측 결과(650c)로서 출력할 수 있다. 전자 장치는 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대한 확률이 사용자에게 의해 미리 결정된 임계 값 이상인 경우, 세컨더리 클래스에 속하는 질환들 각각에 대해 질환 발생 결과를 결정할 수 있다. 전자 장치는, 제2 확률 결과들(640c)에 대해 미리 결정된 임계 값 이상인지 여부를 통해, 단일 질환 예측 결과들(652c)을 출력할 수 있다.

[0071] 결과적으로, 전자 장치는 하나의 입력 귀내시경 이미지(610c)를 중이염 진단 모델(620c)에 적용하여, 질환 예측 결과(650c) 및 단일 질환 예측 결과들(652c)을 사용자(예를 들어, 의료인) 출력할 수 있다.

[0072] 도 7은 일 실시예에 따른 복수의 특징 데이터들로부터 예측 결과를 획득하는 방법을 도시한 도면이다.

[0073] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는, 입력 귀내시경 이미지(710)로부터 복수의 특징 데이터들을 추출할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 공유된 레이어 중 일부 레이어들의 노드들 간의 연결들 중 적어도 일부 연결을 스킵(skip)하면서 중이염 진단 모델의 순전과 연산을 수행함으로써, 특징 데이터를 추출할 수 있다. 전자 장치는 중이염 진단 모델(720)의 공유된 레이어 중 제1 연결을 스킵(skip)함으로써 제1 특징 데이터(712)를 추출할 수 있다. 제1 연결은, 공유된 레이어의 노드들 간 연결들 중 제1 순전과 연산으로부터 배제된 연결일 수 있다. 제1 특징 데이터(712)는 제1 연결이 스킵된 공유된 레이어에 입력 귀내시경 이미지(710)가 적용되어 추출된, 추상화된 값들을 포함할 수 있다. 전자 장치는 중이염 진단 모델(730)의 공유된 레이어에서, 제1 연결과 다른 제2 연결을 스킵함으로써 제2 특징 데이터(714)를 추출할 수 있다. 제2 연결은, 공유된 레이어의 노드들 간 연결들 중 제2 순전과 연산으로부터 배제된 연결일 수 있다. 제1 순전과 연산 및 제2 순전과 연산에서 스킵 또는 배제되는 노드 간 연결이 달라질 수 있다. 제2 특징 데이터(714)는 제2 연결이 스킵된 공유된 레이어에 입력 귀내시경 이미지(710)가 적용되어 추출된, 추상화된 값들을 포함할 수 있다. 다시 말해, 전자 장치는 공유된 레이어에서 임의의 연결을 스킵함으로써, 하나의 입력 귀내시경 이미지(710)로부터 복수의 서로 다른 특징 데이터들을 추출할 수 있다.

[0074] 전자 장치는 제1 특징 데이터(712)를 제1 분류기 레이어에 적용하여, 제1 질환 예측 확률(722)을 획득할 수 있다. 제1 질환 예측 확률(722)은, 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 발생 확률들을 나타낼 수 있다. 전자 장치는 제1 질환 예측 확률(722)을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 제1 질환 이진 결과(726)로 변환할 수 있다. 또한, 전자 장치는 제1 특징 데이터(712)를 제1 분류기 레이어에 적용함과 동시에, 제2 분류기 레이어들에 적용하여, 제1 단일 질환 예측 확률들(724)을 획득할 수 있다. 제1 단일 질환 예측 확률들(724)은 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 발생 확률들을 나타낼 수 있다. 전자 장치는 제1 단일 질환 예측 확률들(724)을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 제1 단일 질환 이진 결과(728)로 변환할 수 있다.

[0075] 전자 장치는 제2 특징 데이터(714)를 제1 분류기 레이어에 적용하여, 제2 질환 예측 확률(732)을 획득할 수 있다. 제2 질환 예측 확률(732)은, 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 발생 확률들을 나타낼 수 있다. 전자 장치는 제2 질환 예측 확률(732)을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 제2 질환 이진 결과(736)로 변환할 수 있다. 또한, 전자 장치는 제2 특징 데이터(714)를 제1 분류기 레이어에 적용함과 동시에, 제2 분류기 레이어들에 적용하여, 제2 단일 질환 예측 확률들(734)을 획득할 수 있다. 제2 단일 질환 예측 확률들(734)은 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 발생 확률들을 나타낼 수 있다. 전자 장치는 제2 단일 질환 예측 확률들(734)을 미리 결정된 임계 값을 기준으로 제2 단일 질환 이진 결과(738)로 변환할 수 있다.

[0076] 전자 장치는 제1 질환 이진 결과(726) 및 제2 질환 이진 결과(736)에 대한 평균을 나타내는 제1 통계 결과를 획득할 수 있다. 예를 들어, 제1 통계 결과는 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 통계 결과들을 포함할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 제1 질환 이진 결과(726)의 만성 중이염(COM: chronic otitis media) 및 제2 질환 이진 결과(736)의 만성 중이염의 이진 결과의 평균을, 만성 중이염의 통계 결과로 할 수 있다. 전자 장치는 제1 질환 이진 결과(726)의 삼출성 중이염(OME: otitis media with effusion) 및 제2 질환 이진 결과(736)의 삼출성 중이염의 이진 결과의 평균을, 삼출성 중이염의 통계 결과로 할 수 있다. 전자 장치는 제1 질환 이진 결과(726)의 질환 부재 및 제2 질환 이진 결과(736)의 질환 부재의 이진 결과의 평균을, 질환 부재의 통계 결과로 할 수 있다. 결과적으로, 제1 통계 결과는 만성 중이염에 대해 1, 삼출성 중이염에 대해 0, 및 질환 부재에 대해 0인 통계 결과들을 포함할 수 있다. 또한, 전자 장치는 상술한 제1 통계 결과를, 입력 귀내시경 이미지(710)에 대한 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다.

- [0077] 전자 장치는 제1 단일 질환 이진 결과(728) 및 제2 단일 질환 이진 결과(738)에 대한 평균을 나타내는 제2 통계 결과를 획득할 수 있다. 예를 들어, 제2 통계 결과는 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 통계 결과들을 포함할 수 있다. 구체적으로, 전자 장치는 제1 단일 질환 이진 결과(728)의 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma) 및 제2 단일 질환 이진 결과(738)의 상고실 진주종의 이진 결과의 평균을, 상고실 진주종의 통계 결과로 할 수 있다. 전자 장치는 제1 단일 질환 이진 결과(728)의 고막염(Myringitis) 및 제2 단일 질환 이진 결과(738)의 고막염의 이진 결과의 평균을, 고막염의 통계 결과로 할 수 있다. 전자 장치는 제1 단일 질환 이진 결과(728)의 귀곰팡이증(Otomycosis) 및 제2 단일 질환 이진 결과(738)의 귀곰팡이증의 이진 결과의 평균을, 귀곰팡이증의 통계 결과로 할 수 있다. 전자 장치는 제1 단일 질환 이진 결과(728)의 환기관(Ventilating tube) 및 제2 단일 질환 이진 결과(738)의 환기관의 이진 결과의 평균을, 환기관의 통계 결과로 할 수 있다. 결과적으로, 제2 통계 결과는 상고실 진주종에 대해 1, 고막염에 대해 0.5, 귀곰팡이증에 대해 0.5, 및 환기관에 대해 0인 통계 결과들을 포함할 수 있다. 또한, 전자 장치는 상술한 제2 통계 결과들, 입력 귀내시경 이미지(710)에 대한 단일 질환 예측 결과로서 사용자에게 출력할 수 있다.
- [0078] 다만, 제1 통계 결과 및 제2 통계 결과 각각을, 입력 귀내시경 이미지(710)에 대한 질환 예측 결과 및 단일 질환 예측 결과로 한정하는 것은 아니다. 예를 들어, 전자 장치는 사용자에게 제1 질환 예측 확률(722) 및 제2 질환 예측 확률(732)을 입력 귀내시경 이미지(710)에 대한 질환 예측 결과로서 출력할 수 있다. 또한, 전자 장치는 사용자에게 제1 단일 질환 예측 확률들(724) 및 제2 단일 질환 예측 확률들(734)을 입력 귀내시경 이미지(710)에 대한 단일 질환 예측 결과로서 출력할 수 있다.
- [0079] 전자 장치는 질환 예측 확률 또는 단일 질환 예측 확률 중 적어도 하나에 기초하여, 사용자에게 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 질환 예측 확률은 제1 질환 예측 확률(722) 또는 제2 질환 예측 확률(732) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다. 단일 질환 예측 확률은 제1 단일 질환 예측 확률들(724) 또는 제2 단일 질환 예측 확률들(734) 중 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0080] 예를 들어, 전자 장치는 제1 질환 예측 확률(722)에 기초하여, 사용자에게 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 전자 장치는 질환 예측 결과의 확률 및 대상 결과의 확률 간의 차이에 기초하여, 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 여기서, 질환 예측 결과의 확률은 제1 질환 예측 확률(722) 중 일순위 확률을 가지는 질환의 확률일 수 있고, 대상 결과의 확률은 제1 질환 예측 확률(722) 중 차순위 확률을 가지는 질환의 확률일 수 있다. 도 7을 참조하면, 일순위 확률을 가지는 질환은 만성 중이염(COM: chronic otitis media)일 수 있고, 차순위 확률을 가지는 질환은 삼출성 중이염(OME: otitis media with effusion)일 수 있다. 전자 장치는 계산된 차이가 임계 값 미만인 경우 사용자에게 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 여기서 임계 값은 제1 질환 예측 확률(722)에 기초한 중이염 진단 재시도에 관한 임계 값일 수 있다.
- [0081] 예를 들어, 전자 장치는 제1 단일 질환 예측 확률들(724)에 기초하여, 사용자에게 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 전자 장치는 제1 단일 질환 예측 확률들(724) 중 질환이 발생된 질환이 발생된 상기 세컨더리 클래스 질환에 관한 제2 분류기 레이어들을 선택할 수 있다. 전자 장치는, 선택된 레이어들에 대한 세컨더리 질환에 관한 확률 중 적어도 하나 이상의 확률이 임계 값 미만인 경우에 기초하여, 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다. 여기서, 임계 값은 제1 단일 질환 예측 확률들(724)에 기초한 중이염 진단 재시도에 관한 임계 값일 수 있다. 도 7을 참조하면, 전자 장치는 제1 단일 질환 예측 확률들(724) 중 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma) 및 귀곰팡이증(Otomycosis)에 관한 제2 분류기 레이어들을 질환이 발생된 제2 분류기 레이어들로 선택할 수 있다. 전자 장치는, 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma)의 확률이 사용자에게 의해 결정된 임계 값을 초과하는지 결정할 수 있다. 또한, 전자 장치는 귀곰팡이증(Otomycosis)의 확률이 사용자에게 의해 결정된 임계 값을 초과하는지 결정할 수 있다. 만약, 상고실 진주종(Attic Cholesteatoma)의 확률 또는 귀곰팡이증(Otomycosis)의 확률 중 적어도 하나 이상의 확률이 임계 값을 초과하지 못한다면, 전자 장치는 사용자에게 다른 귀내시경 이미지를 통해 중이염 진단 재시도를 제안하는 출력을 제공할 수 있다.
- [0082] 도 8은 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 McNemar 테스트 결과를 도시한 도면이다.
- [0083] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 중이염 진단 모델(예: 도 1의 중이염 진단 모델(130))의 성능을 획득할 수 있다. 예를 들어, 전자 장치는 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델 간의 성능 차이 결과를 획득할 수 있다. 전자 장치는 McNemar 테스트 결과를 통해 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델 간의 성능 차이 결과를 획득할 수 있다. 비교 대상 모델은 하나의 입력 데이터(예를 들어, 입력 귀내시경 이미지)에 대해 하나의 질환 예측 결과(예를 들어, 삼출성 중이염 질환에 대한 예측 결과)를 출력하는 모델을

나타낼 수 있다. 전자 장치는 McNemar 테스트 결과 중 DSC(Dice similarity coefficient) 결과를 통해 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델 간의 성능 차이 결과를 획득할 수 있다. DSC 결과는 주로 영상 이미지(예를 들어, 입력 귀내시경 이미지)의 정답 및 예측 결과 간의 차이를 나타낼 수 있다. 즉, 중이염 진단 모델 또는 비교 대상 모델 중 적어도 하나의 모델의 DSC 결과가 높을수록, 정답 및 모델의 예측 결과 간의 차이가 작은 값을 나타낼 수 있다.

[0084] 도 8에 도시된 표를 참조하면, 중이염 진단 모델은 비교 대상 모델 대비, 고막염(Myringitis)을 제외하고 나머지 질환들에 대해 정답 및 예측 결과 간의 차이가 작은 값을 가질 수 있다. 예를 들어, 결과(830)를 참조하면, 결과(830)는 중이염 진단 모델의 DSC 결과(810) 및 비교 대상 모델의 DSC 결과(820)의 차이들을 포함할 수 있다. 다시 말해, 중이염 진단 모델은 비교 대상 모델 대비, 고막염(Myringitis)을 제외하고 나머지 질환들에 대해 예측 성능이 우수한 모델일 수 있다.

[0085] 도 9는 일 실시예에 따른 중이염 진단 모델의 confusion 행렬(confusion matrix)을 도시한 도면이다.

[0086] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 중이염 진단 모델(예: 도 1의 중이염 진단 모델(130))의 confusion 행렬을 획득할 수 있다. 예를 들어, confusion 행렬은 기계학습 모델의 예측 결과 및 정답 간의 비율을 나타내는 원소들을 포함하는 행렬을 나타낼 수 있다. 도 9에 도시된 표를 참조하면, 각각의 행렬들은 정답(GT: ground truth) 클래스에 관한 행(row) 및 예측 결과 클래스에 관한 열(column)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 프라이머리 클래스에 관한 confusion 행렬을 참조하면, 전자 장치는 만성 중이염(COM: chronic otitis media) 질환을 포함하는 1,534개의 이미지(예를 들어, 만성 중이염 질환을 포함하는 고막을 촬영한 이미지)에 대해, 1,463개의 만성 중이염 질환 예측 결과를 출력할 수 있다.

[0087] 도 10은 일 실시예에 따른 프라이머리 클래스 및 세컨더리 클래스에 대한 ROC 커브를 도시한 도면이다.

[0088] 일 실시예에 따른 전자 장치(예: 도 1의 전자 장치(100))는 중이염 진단 모델(예: 도 1의 중이염 진단 모델(130)) 및 비교 대상 모델의 ROC(Receiver operating characteristics) 커브를 획득할 수 있다. 참고로, 도 10에서는, 중이염 진단 모델은 Combined model로 도시될 수 있고, 비교 대상 모델은 Separate model로 도시될 수 있다. 예를 들어, 프라이머리 클래스 결과(1010)는, 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델의 프라이머리 클래스에 관한 ROC 커브를 포함할 수 있다. 프라이머리 클래스 결과(1010)는, 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델의 프라이머리 클래스에 속하는 질환들에 대한 AUC(area under the ROC curve) 값을 포함할 수 있다. 도 10을 참조하면, 프라이머리 클래스에 속하는 질환들의 결과에 있어서, 중이염 진단 모델은 비교 대상 모델 보다 우수한 AUC 값을 가질 수 있는 것을 확인할 수 있다. 세컨더리 클래스 결과(1020)는, 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델의 세컨더리 클래스에 관한 ROC 커브를 포함할 수 있다. 세컨더리 클래스 결과(1020)는, 중이염 진단 모델 및 비교 대상 모델의 세컨더리 클래스에 속하는 질환들에 대한 AUC(area under the ROC curve) 값을 포함할 수 있다. 도 10을 참조하면, 고막염(Myringitis) 질환을 제외한 세컨더리 클래스에 속하는 질환들의 결과에 있어서, 중이염 진단 모델은 비교 대상 모델 보다 우수한 AUC 값을 가질 수 있는 것을 확인할 수 있다.

[0089] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0090] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로,

또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0091] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

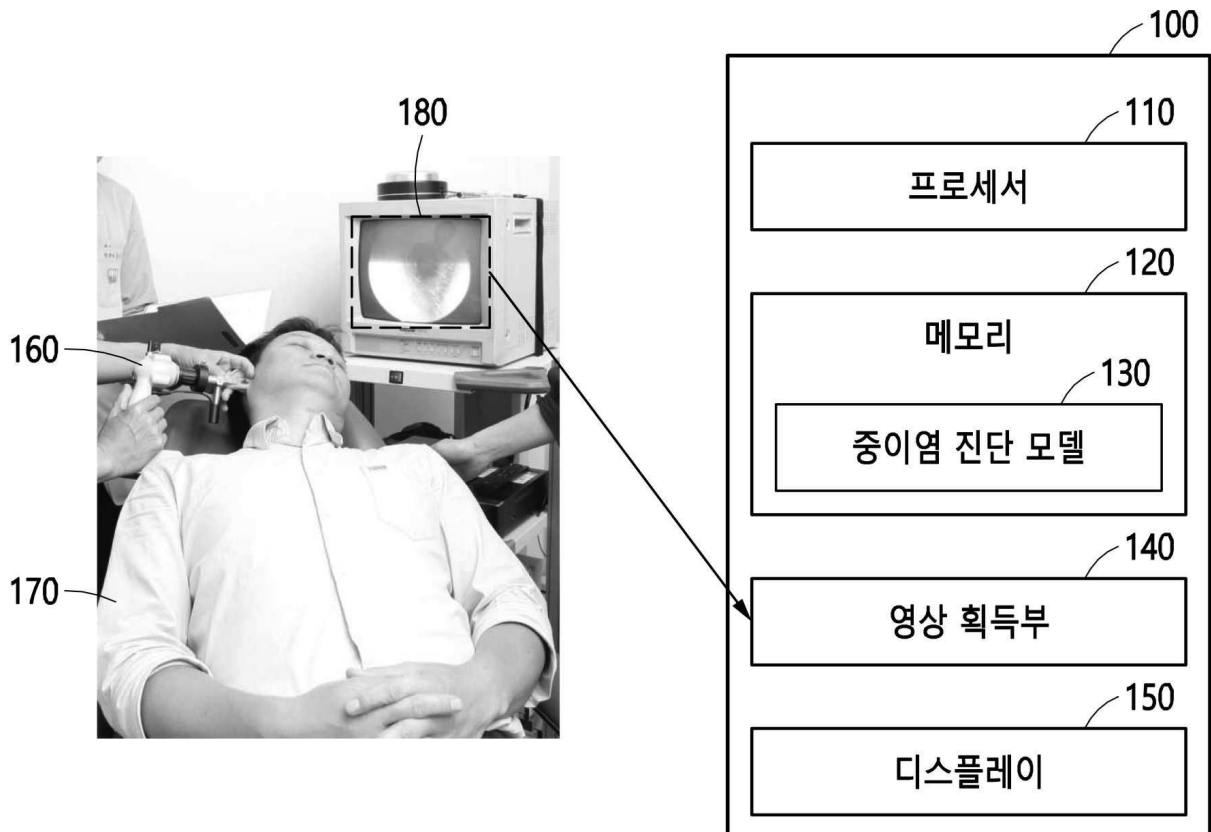
[0092] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0093] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

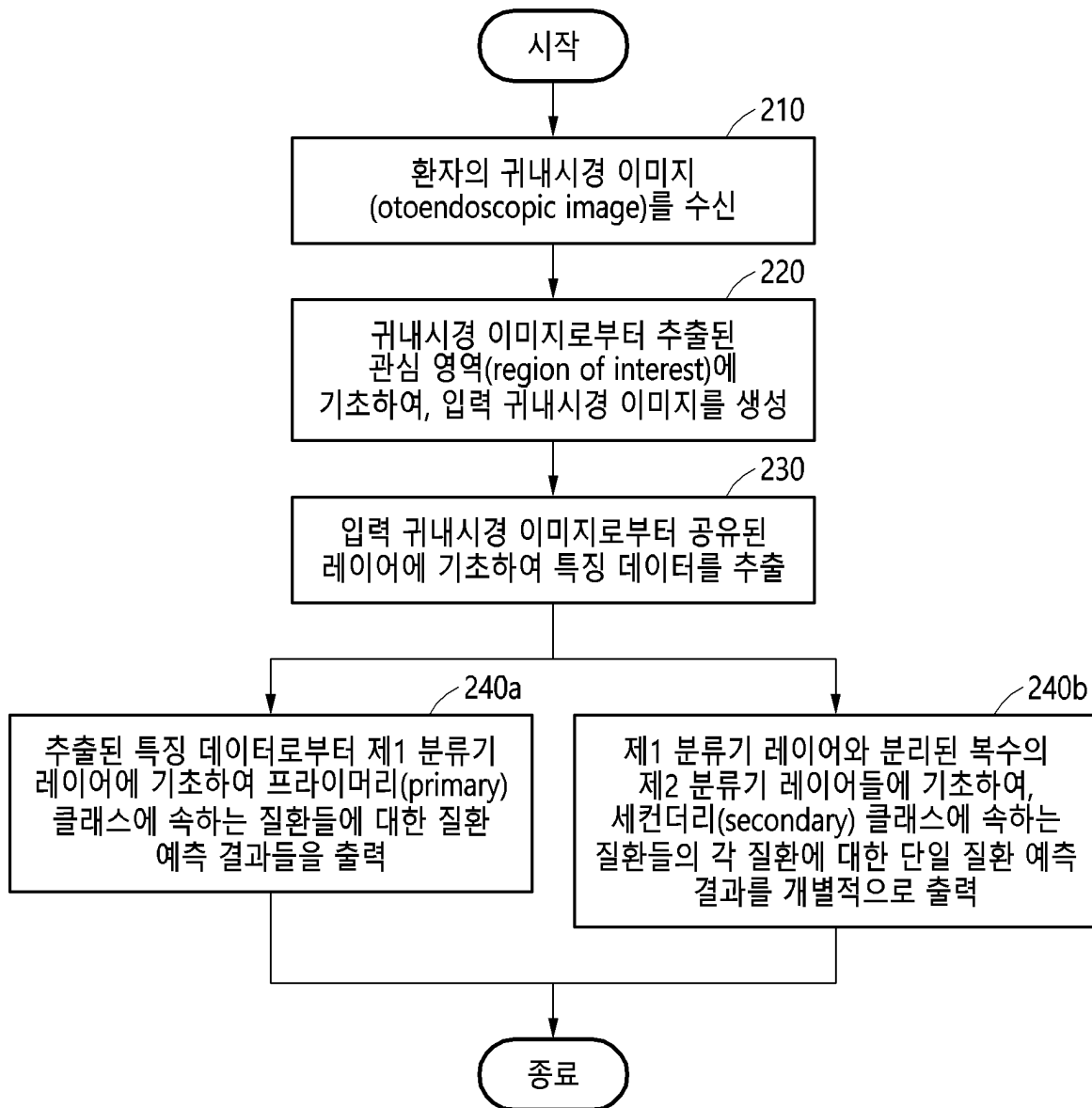
[0094] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

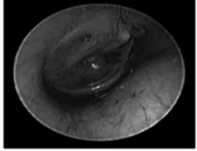
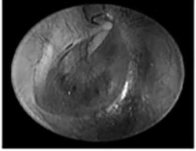
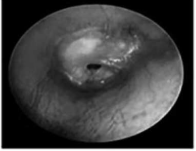
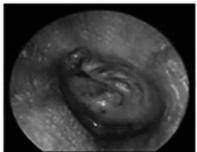
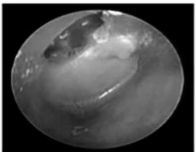
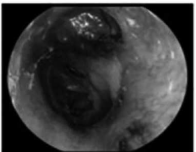
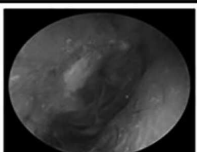
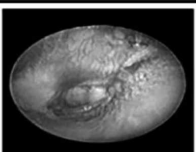
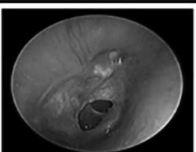
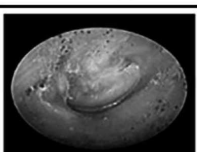
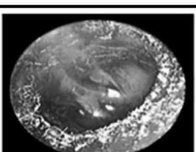
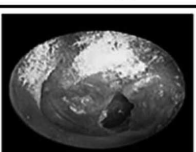
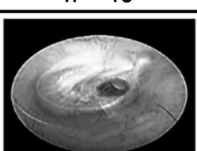
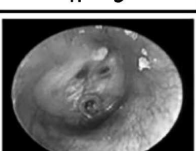
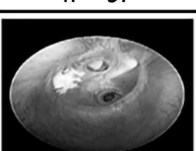
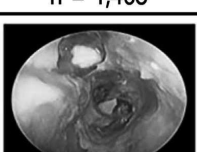
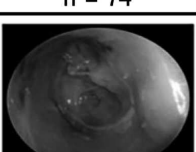
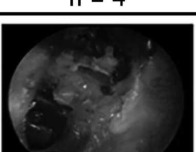
도면1



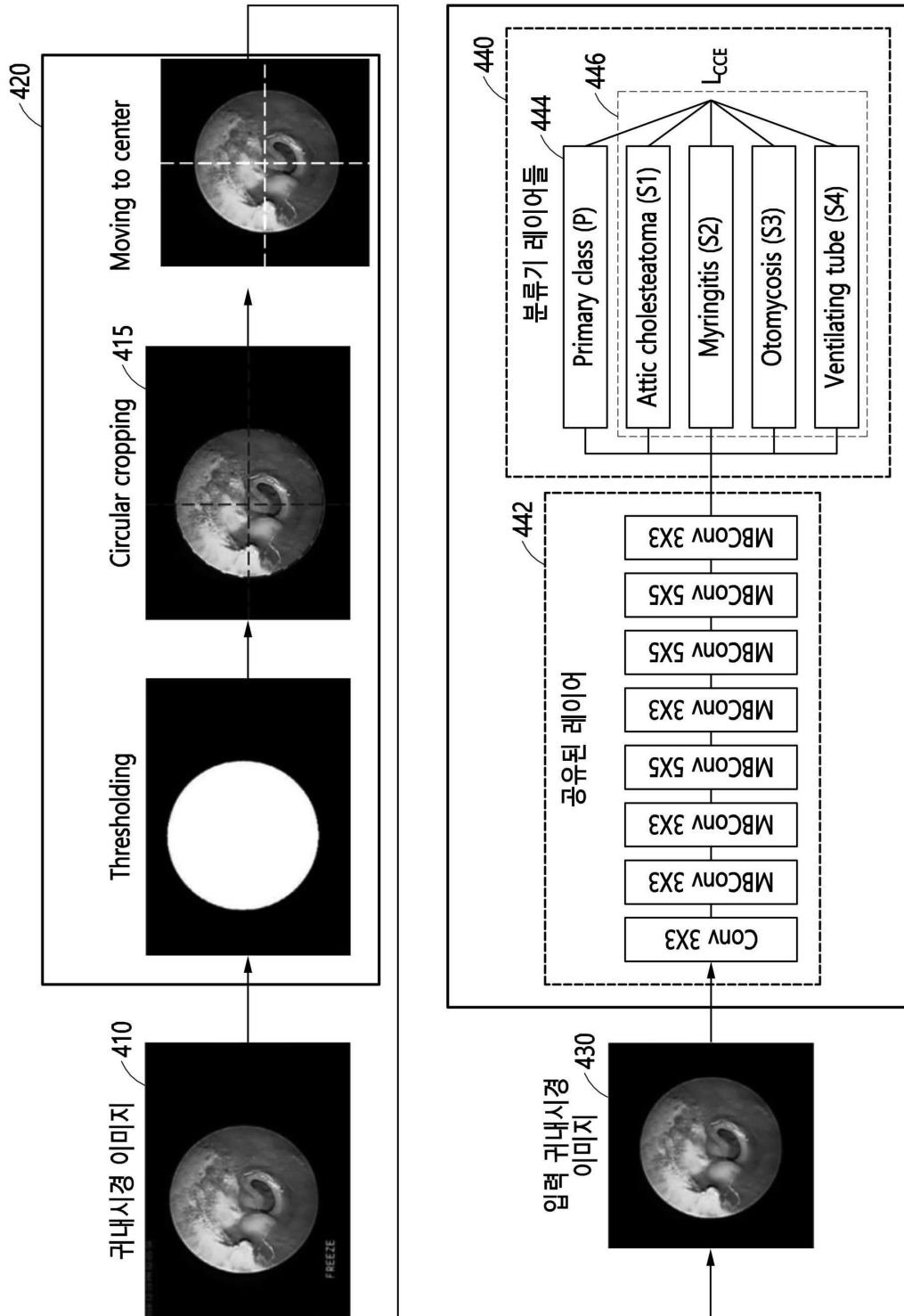
도면2



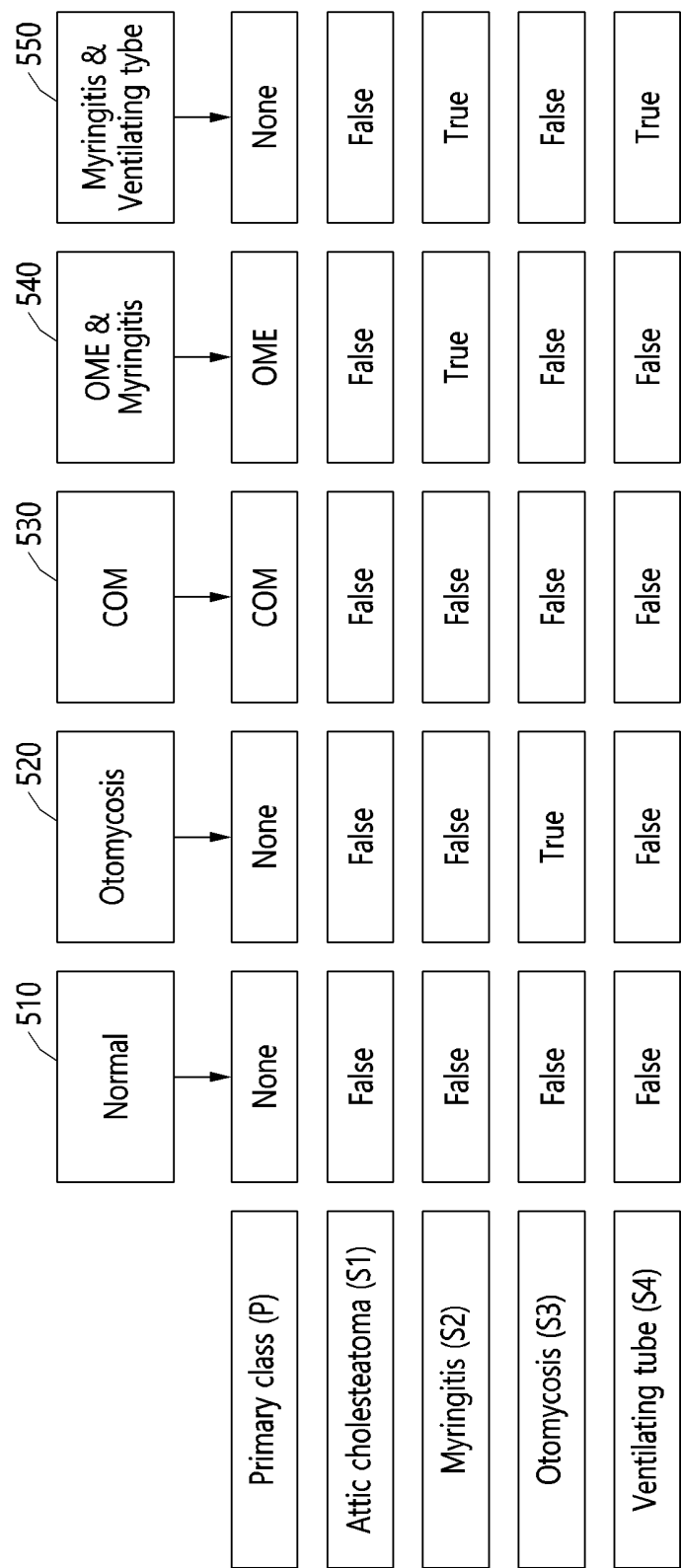
도면3

Secondary class	Primary class	310		
		None n = 3,466	OME n = 1,630	COM n = 1,534
320	No secondary class n = 3,122	 n = 692	 n = 1,433	 n = 997
	Attic Cholesteatoma n = 744	 n = 610	 n = 95	 n = 39
	Myringitis n = 842	 n = 439	 n = 17	 n = 386
	Otomycosis n = 58	 n = 18	 n = 3	 n = 37
	Ventilating tube n = 1,546	 n = 1,468	 n = 74	 n = 4
	Multiple secondary classes n = 318	 n = 239	 n = 8	 n = 7

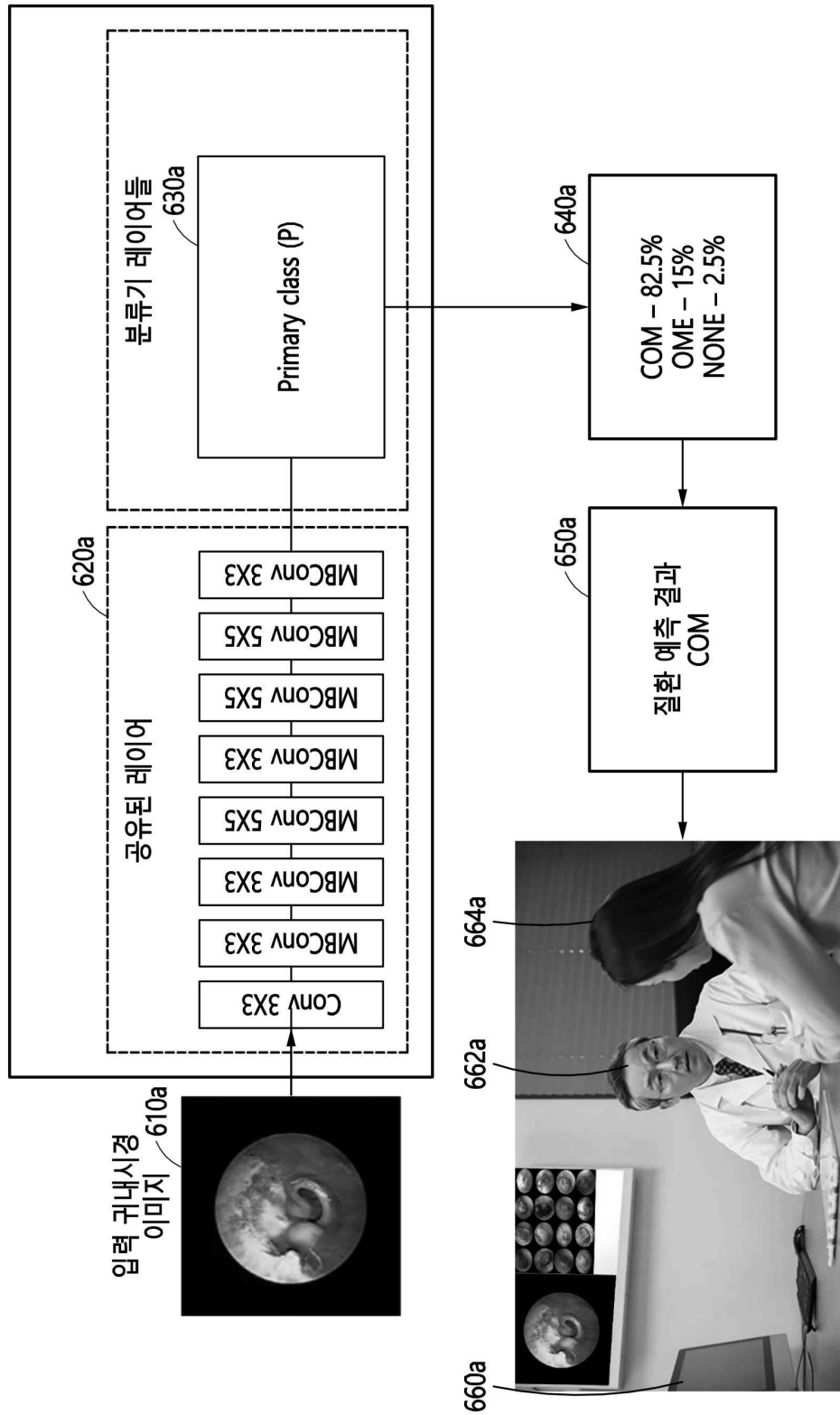
도면4



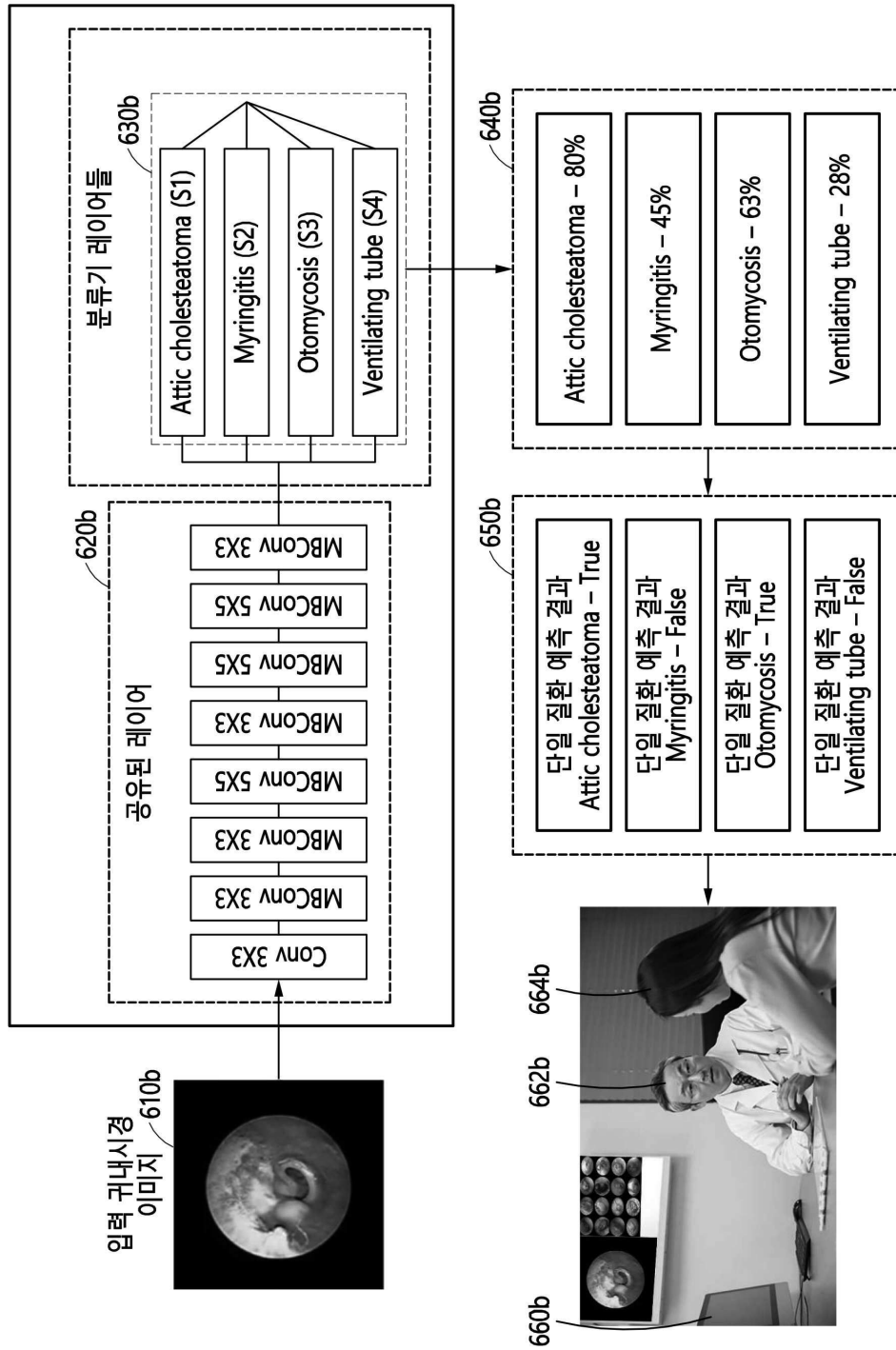
도면5



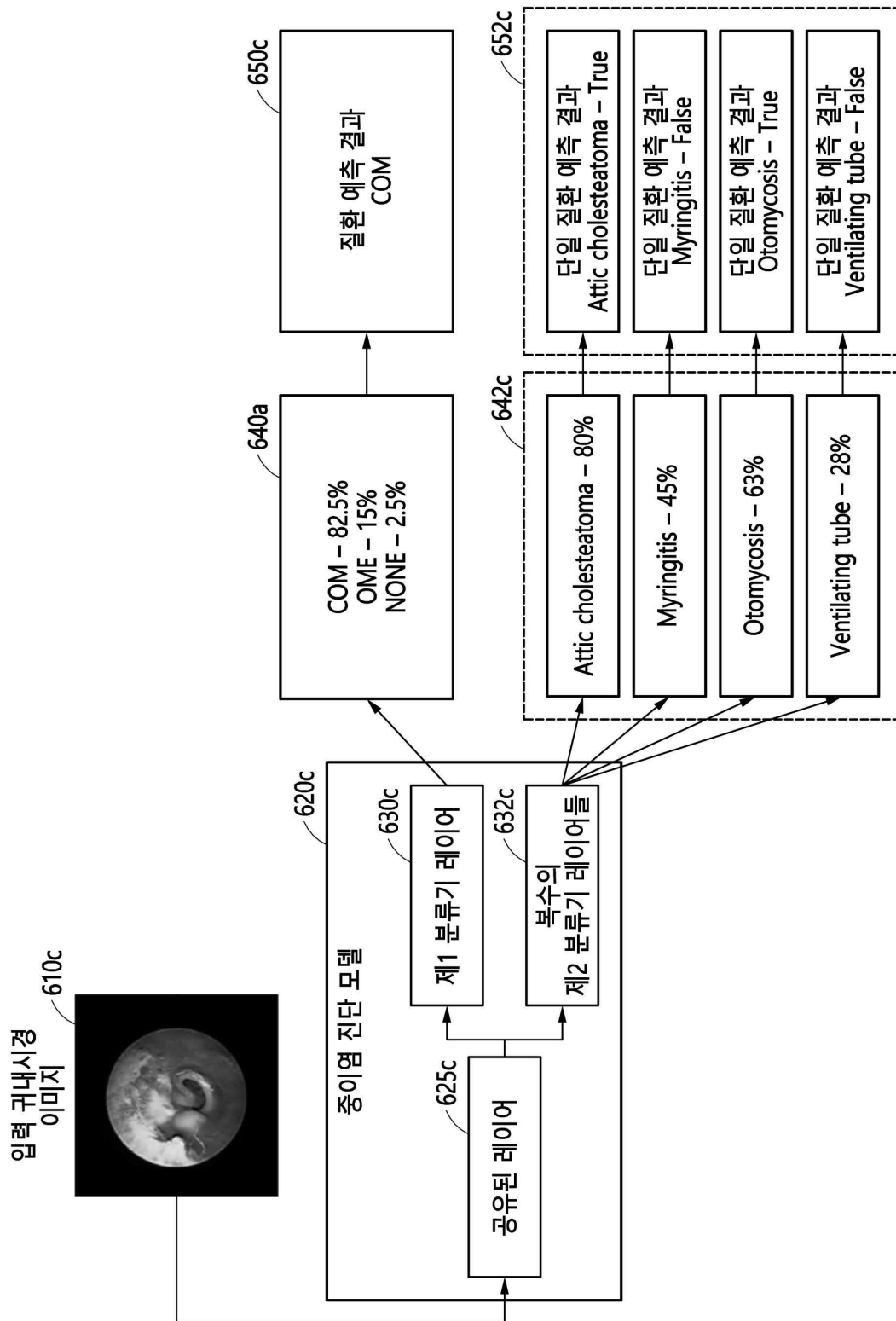
도면6a



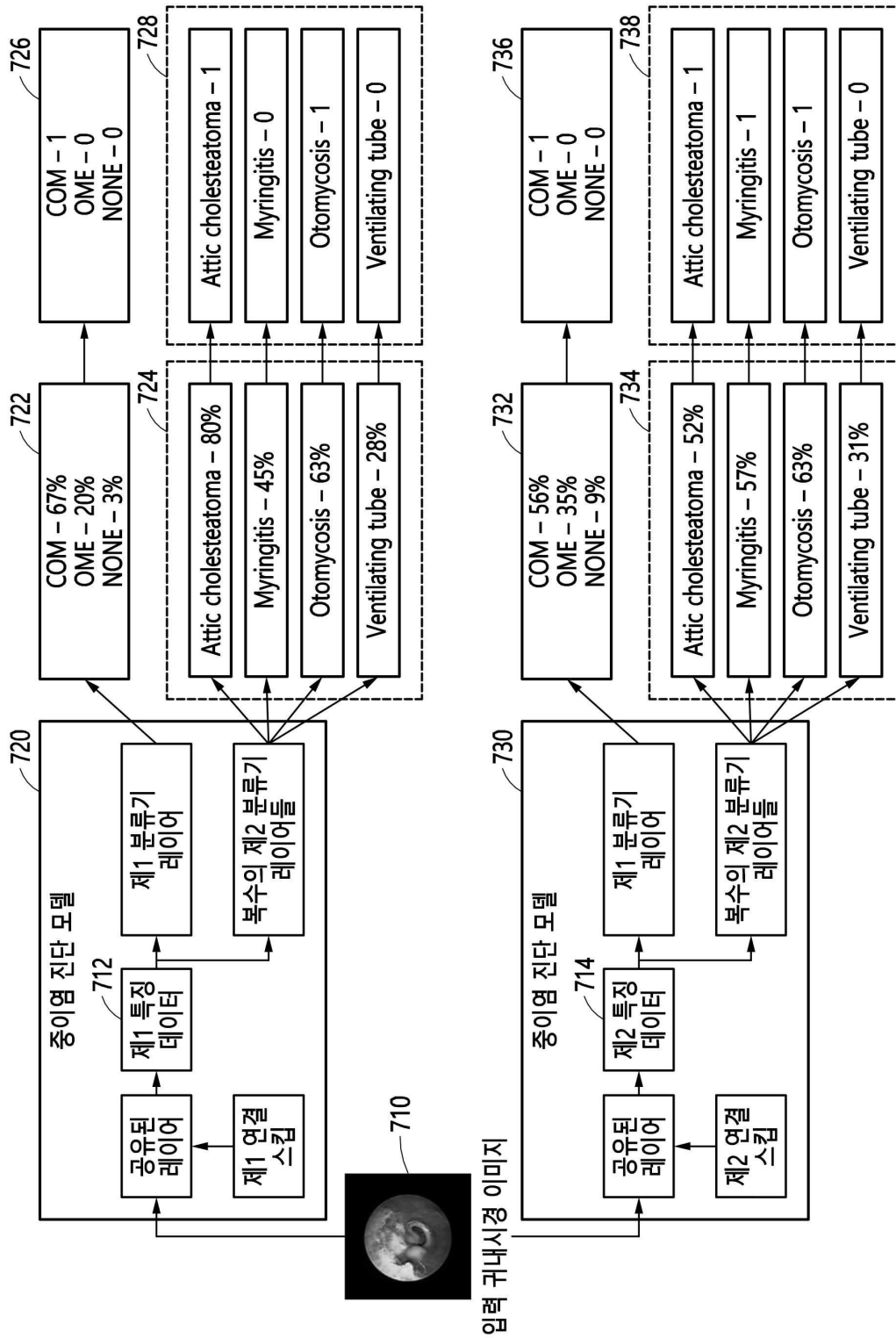
도면6b



도면6c



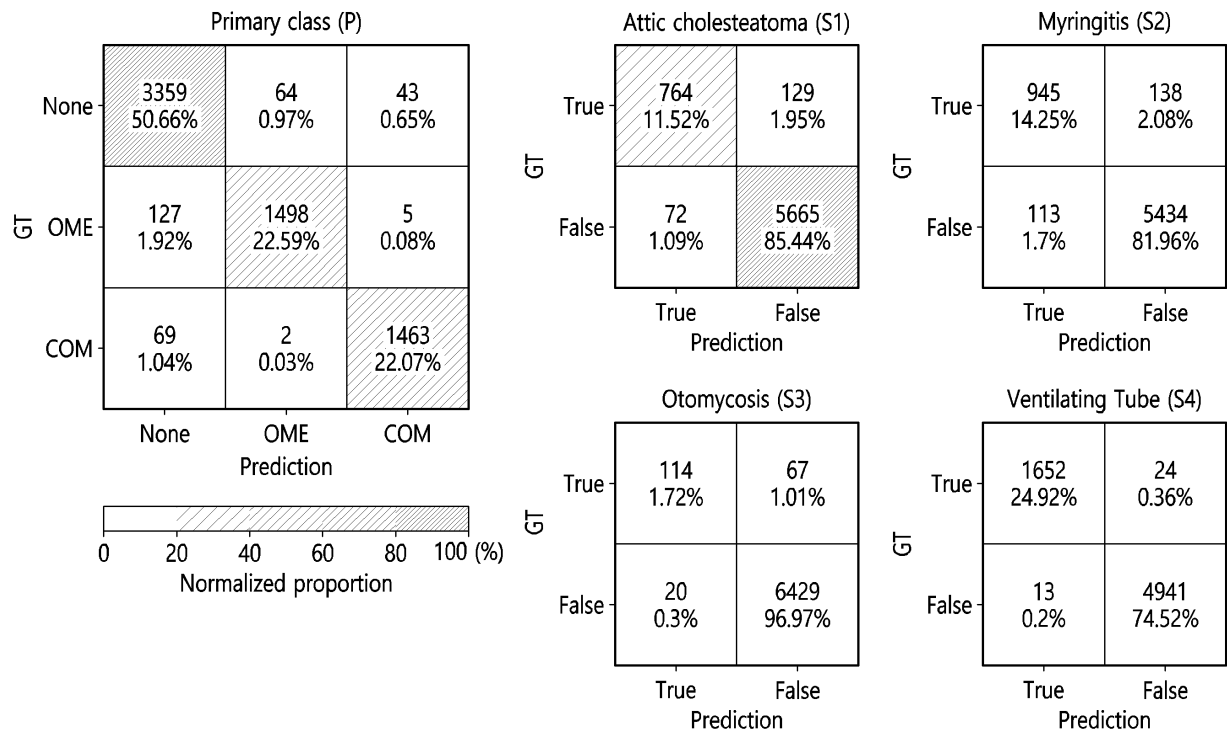
도면7



도면8

	810					820		830	
	DSC	Accuracy	Sensitivity	Precision	Specificity	DSC _{sep}	DSC-DSC _{sep}	p-value	
Primary class (P)	95.19%	95.32%	95.38%	95.32%	94.65%	94.65%	0.29%	0.360	
None	95.68%	-	96.91%	94.49%	93.58%	93.58%	0.19%	-	
OME	93.80%	-	91.90%	95.78%	96.44%	96.44%	0.04%	-	
COM	96.09%	-	95.37%	96.82%	95.31%	95.31%	0.63%	-	
Attic cholesteatoma (S1)	88.37%	96.97%	85.54%	91.39%	98.74%	98.74%	0.62%	0.663	
Myringitis (S2)	88.28%	96.21%	87.26%	89.32%	97.96%	97.96%	-0.30%	0.404	
Otomycosis	72.38%	98.69%	62.98%	85.07%	99.69%	99.69%	4.12%	0.030	
Ventilating tube (S4)	98.89%	99.44%	98.57%	99.22%	99.74%	99.74%	0.21%	0.879	

도면9



도면10

