(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0131777
(43) 공개일자 2023년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 1/00 (2017.01) *A61B 1/273* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 1/000096 (2023.05)
A61B 1/0002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0028217
(22) 출원일자 2023년03월03일
심사청구일자 2023년03월03일
(30) 우선권주장
1020220028592 2022년03월07일 대한민국(KR)

(71) 출원인
주식회사 웨이센
서울특별시 강남구 삼성로 524, 세화빌딩 5층 (삼성동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
금지수
경기도 용인시 수지구 고기로 89, 동천자이아파트 110동 704호
오상일
서울특별시 송파구 백제고분로15길 14 신우빌 301호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이준성

전체 청구항 수 : 총 11 항

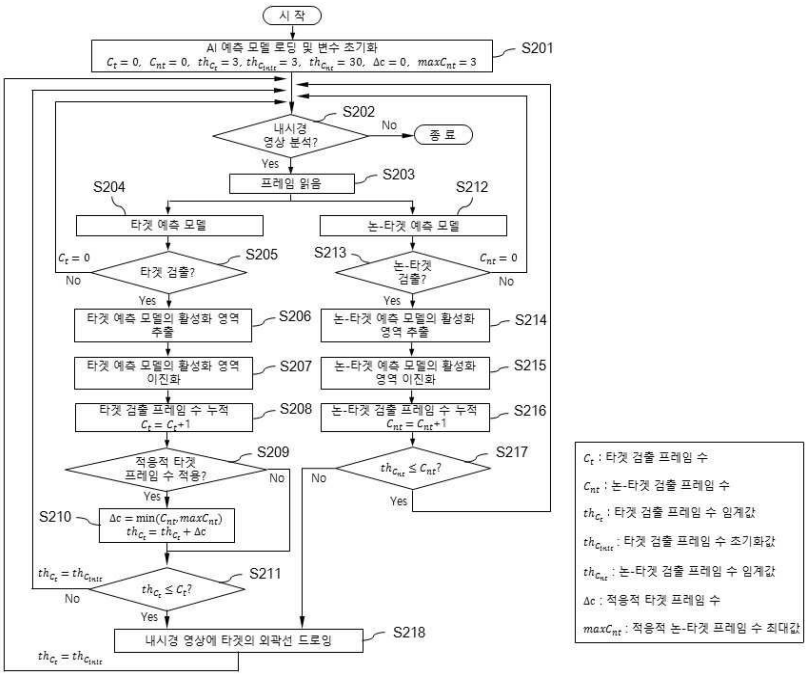
(54) 발명의 명칭 **내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법은, 입력 영상에서 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하고, 추출된 각 활성화 영역

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



을 각각 이진화한다. 또한, 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하고, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별한다. 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되었으면, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하고, 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별한다. 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉한다.

(52) CPC특허분류
A61B 1/00045 (2013.01)
A61B 1/273 (2013.01)

(72) 발명자
김경남
경기도 수원시 영통구 봉영로 1613 영통하우스토리 아파트101동 2104호

김지현
서울특별시 강남구 언주로 211 강남세브란스병원

명 세 서

청구범위

청구항 1

외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 수신하는통신부;

AI 예측 모델을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화하고, 내시경 영상 분석 여부를 판별하여, 내시경 영상 분석이면 상기 통신부를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측하며, 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하고, 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시하는 제어부;

상기 통신부를 통해 수신한 외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임 데이터와, 상기 타겟 모델 및 논-타겟 모델의 학습을 위한 데이터와, 상기 제어부에서의 내시경 영상 분석과 관련된 필요한 데이터 및 정보와, 시스템 운용을 위한 각종 앱(application)이 저장되는 데이터베이스; 및

상기 제어부에서의 내시경 영상 분석에 따른 다양한 영상을 화면에 표시하는 디스플레이부를 포함하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어부의 내부에는,

상기 통신부를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟을 예측하는 타겟 예측 모델과 논-타겟을 예측하는 논-타겟 예측 모델을 구비하는 AI 예측 모델;

상기 AI 예측 모델에 의해 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하는 예측 결과 처리 모듈;

타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를

판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아니거나, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이면, 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시키는 프레임 수 제어 모듈이 탑재되어 있는 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 AI 예측 모델은,

외부의 의료영상장치로부터 내시경 영상을 입력받는 입력층;

상기 입력층을 통해 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 복수의 컨볼루션 블록으로 구성되는 컨볼루션층; 및

상기 컨볼루션층에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고, 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 전역평균풀링층 및 전역평균풀링층에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상 중 학습 데이터 영상과 유사한 영상들을 출력하는 출력층으로 구성된 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하는 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제어부는 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시키는 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치.

청구항 6

a) 제어부가 AI 예측 모델을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화하는 단계;

b) 제어부가 내시경 영상 분석 여부를 판별하여, 내시경 영상 분석이면 외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 통신부를 통해 읽어 들이는 단계;

c) AI 예측 모델의 타겟(target) 예측 모델과 논-타겟(non-target) 예측 모델이 상기 읽어 들인 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측하는 단계;

d) 예측 결과 처리 모듈이 상기 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델에 의해 각각 예측된 타겟 및 논-타겟에

대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하는 단계;

e) 상기 판별에서 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 상기 예측 결과 처리 모듈이 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하는 단계;

f) 상기 예측 결과 처리 모듈이 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하는 단계;

g) 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하는 단계;

h) 상기 프레임 수 제어 모듈이 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수($^{\Delta c}$) 적용 여부를 판별하는 단계;

i) 상기 적응적 타겟 프레임 수($^{\Delta c}$)가 적용되었으면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$)을 구하는 단계;

j) 상기 프레임 수 제어 모듈이 상기 단계 g)에서 누적된 타겟 검출 프레임 수(^{C_t})가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수($^{C_{nt}}$)가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_{nt}}}$) 이상인지를 판별하는 단계; 및

k) 상기 단계 j)의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(^{C_t})가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$) 이상이고, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수($^{C_{nt}}$)가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_{nt}}}$) 이상이 아니면, 상기 제어부가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시하는 단계를 포함하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 단계 j)의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(^{C_t})가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$) 이상이 아니거나, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수($^{C_{nt}}$)가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_{nt}}}$) 이상이면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 프로세스 진행을 각각 상기 단계 b)로 회귀시키는 단계를 더 포함하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 타겟 검출 프레임 수(^{C_t})가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$) 이상이 아닌 경우, 상기 프레임 수 제어 모듈이 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시킴에 있어서, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값($^{th_{c_t}}$)을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($^{th_{c_{init}}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시키는 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 단계 h)의 판별에서 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되지 않았으면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 상기 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지를 판별하는 단계를 더 포함하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 단계 i)에서 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 상기 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하는 것을 특징으로 하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 단계 k)에서 상기 제어부가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{ini}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시키는 단계를 더 포함하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는 내시경 영상 분석 AI(Artificial Intelligence) 모델을 이용한 내시경 영상 분석 과정 중 적응적으로 연속 프레임 수를 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정하는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 내시경 영상 분석 AI(Artificial Intelligence) 모델로 내시경 영상을 분석하여 대상을 검출할 때, 단일 프레임(frame) 분석 결과를 바탕으로 분석 대상이 검출되면 대상이 검출된 것으로 판단할 수 있다. 이때, 내시경의 이동이나 잘못된 검출(FP, false positive) 등으로 단일 프레임 결과만 사용하기에는 검출의 정확도가 떨어질 수 있다.

[0004] 이상과 같은 문제점에 대한 대안으로, 고정된 프레임 수 N개에서 연속하여 분석 대상이 검출될 때 분석 대상이 검출된 것으로 확정하는 방안이 제시되었다. 그러나 내시경 영상 분석장치의 처리속도가 제조사마다 다를 수 있고, 내시경을 조작하는 검사자의 움직임 속도에 따라 고정된 프레임 수 N의 설정은 검출 정확도에 영향을 미칠 수 있다.

[0005] 또한, 내시경 영상 분석 AI 모델의 분석 속도도 검출 정확도에 관련되기 때문에 연속된 프레임 수를 적응적으로 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정하는 방법이 필요하다.

[0006] 한편, 한국 공개특허공보 제10-2021-0047630호(특허문헌 1)에는 "상부위장관 내시경 이미지 분석 시스템, 방법, 및 상기 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 판독 가능한 프로그램을 기록한 기록 매체"가 개시되어 있는 바, 이에

따른 상부위장관 내시경 이미지 분석 방법은, 상부위장관의 적어도 일부 해부학적 위치들에 대응하여 라벨들을 설정하는 해부학적 위치 맵 설정 단계; 상기 상부위장관의 내시경 이미지를 획득하는 이미지 획득 단계; 상기 획득된 이미지에 대응하는 상기 라벨의 설정 여부를 판단하는 해부학적 위치 라벨 판단 단계; 상기 획득된 이미지에 대응하여 설정된 라벨이 판단되는 경우 판단된 라벨을 출력하는 해부학적 위치 맵 출력 단계; 및 상기 출력되는 라벨들에 대응하는 이미지 획득 순서 정보를 포함하는 경로 정보를 출력하는 해부학적 관찰 경로 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0007] 이상과 같은 특허문헌 1의 경우, 상부위장관 내시경 시술시 획득한 이미지에 대하여 판단된 해부학적 위치의 라벨을 사용하여 해부학적 위치 맵에 출력하는 것과 함께, 해부학적 위치 맵에 내시경 시술시 해부학적 관찰이 이루어진 경로와 부속적인 시간 정보를 출력함으로써, 내시경 시술시 삽입 단계에서 놓친 해부학적 위치 또는 병변 의심 영역 등에 대한 관찰 경로 정보를 시각화하여 제공하고, 의료진은 이를 참고하여 회수 단계에서 완결성 있는 내시경 검사를 수행할 수 있는 장점이 있으나, 획득된 이미지에 대응하는 라벨의 설정 여부를 판단하고, 획득된 이미지에 대응하여 설정된 라벨이 판단되는 경우 판단된 라벨을 출력하는 메커니즘으로 되어 있어, 이 또한 고정된 프레임 수 N개에서 연속하여 분석 대상이 검출될 때 분석 대상이 검출된 것으로 확정하는 방식의 범주에 속하는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 내시경 분석 장치의 처리속도가 제조사마다 다를 수 있고, 내시경을 조작하는 검사자의 움직임 속도에 따라 고정된 프레임 수 N의 설정이 검출 정확도에 영향을 미칠 수 있는 문제점을 내포하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제10-2021-0047630호(2021.04.30.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상기와 같은 사항을 종합적으로 감안하여 창출된 것으로서, 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 내시경 영상 분석 과정 중 적응적으로 연속 프레임 수를 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정함으로써, 빠른 내시경 이동이나 내시경 분석장치의 처리속도 차이 등의 영향에 따른 오검출(false positive)을 줄여 AI 기반 내시경 검사의 정확도를 높일 수 있고, 오검출을 줄임으로써 내시경 검사자의 피로도를 감소시킬 수 있는 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치는,

[0012] 외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 수신하는통신부;

[0013] AI 예측 모델을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화하고, 내시경 영상 분석 여부를 판별하여, 내시경 영상 분석이면 상기 통신부를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측하며, 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하고, 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레

임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시하는 제어부;

[0014] 상기 통신부를 통해 수신한 외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임 데이터와, 상기 타겟 모델 및 논-타겟 모델의 학습을 위한 데이터와, 상기 제어부에서의 내시경 영상 분석과 관련된 필요한 데이터 및 정보와, 시스템 운용을 위한 각종 앱(application)이 저장되는 데이터베이스; 및

[0015] 상기 제어부에서의 내시경 영상 분석에 따른 다양한 영상을 화면에 표시하는 디스플레이부를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0016] 여기서, 상기 제어부의 내부에는,

[0017] 상기 통신부를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟을 예측하는 타겟 예측 모델과 논-타겟을 예측하는 논-타겟 예측 모델을 구비하는 AI 예측 모델;

[0018] 상기 AI 예측 모델에 의해 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하는 예측 결과 처리 모듈;

[0019] 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아니거나, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이면, 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시키는 프레임 수 제어 모듈이 탑재될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 AI 예측 모델은 외부의 의료영상장치로부터 내시경 영상을 입력받는 입력층과, 입력층을 통해 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 복수의 컨볼루션 블록으로 구성되는 컨볼루션층과, 컨볼루션층에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고, 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 전역평균풀링층 및 전역평균풀링층에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상 중 학습 데이터 영상과 유사한 영상들을 출력하는 출력층으로 구성될 수 있다.

[0021] 또한, 상기 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 제어부는 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시킬 수 있다.

[0023] 또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법은,

[0024] a) 제어부가 AI 예측 모델을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화하는 단계;

[0025] b) 제어부가 내시경 영상 분석 여부를 판별하여, 내시경 영상 분석이면 외부의 의료영상장치로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 통신부를 통해 읽어 들이는 단계;

[0026] c) AI 예측 모델의 타겟(target) 예측 모델과 논-타겟(non-target) 예측 모델이 상기 읽어 들인 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측하는 단계;

[0027] d) 예측 결과 처리 모듈이 상기 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델에 의해 각각 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하는 단계;

[0028] e) 상기 판별에서 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 상기 예측 결과 처리 모듈이 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하는 단계;

[0029] f) 상기 예측 결과 처리 모듈이 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하는 단계;

[0030] g) 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하는 단계;

[0031] h) 상기 프레임 수 제어 모듈이 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하는 단계;

[0032] i) 상기 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되었으면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하는 단계;

[0033] j) 상기 프레임 수 제어 모듈이 상기 단계 g)에서 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하는 단계; 및

[0034] k) 상기 단계 j)의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 상기 제어부가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시하는 단계를 포함하는 점에 그 특징이 있다.

[0035] 여기서, 상기 단계 j)의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아니거나, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 프로세스 진행을 각각 상기 단계 b)로 각각 회귀시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0036] 이때, 상기 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아닌 경우, 상기 프레임 수 제어 모듈이 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시킴에 있어서, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시킬 수 있다.

[0037] 또한, 상기 단계 h)의 판별에서 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되지 않았으면, 상기 프레임 수 제어 모듈이 상기 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지를 판별하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 단계 i)에서 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 상기 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구할 수 있다.

[0039] 또한, 상기 단계 k)에서 상기 제어부가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 b)로 회귀시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0041] 이와 같은 본 발명에 의하면, 내시경 영상 분석 과정 중 적응적으로 연속 프레임 수를 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정함으로써, 빠른 내시경 이동이나 내시경 분석장치의 처리속도 차이 등의 영향에 따른 오검출(false positive)을 줄여 AI 기반 내시경 검사의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

[0042] 또한, AI 기반 내시경 영상 분석에서의 오검출을 줄임으로써 내시경 검사자의 피로도를 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0044] 도 1은 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치의 시스템 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법의 실행 과정을 나타낸 흐름도이다.

도 3은 폴립, 암 등 분석 타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터를 나타낸 도면이다.

도 4는 폴립, 암 등 분석 논-타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명에 채용되는 AI 모델의 구성(CNN)을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명에 채용되는 AI 모델의 학습 과정을 나타낸 도면이다.

도 7은 AI 모델의 학습(training)에서의 손실의 개요를 나타낸 도면이다.

도 8은 AI 모델의 추론(inference) 과정을 나타낸 도면이다.

도 9는 타겟 AI 모델의 활성화 영역 추출 및 이진화, 외곽선 드로잉 예를 나타낸 도면이다.

도 10은 논-타겟 AI 모델의 활성화 영역 추출 및 이진화, 외곽선 드로잉 예를 나타낸 도면이다.

도 11은 타겟 AI 모델의 분석대상 검출 예를 나타낸 도면이다.

도 12는 논-타겟 AI 모델의 빠른 내시경 움직임에 의한 블러(blur) 검출 예를 나타낸 도면이다.

도 13은 논-타겟 AI 모델의 시술도구, 출혈, 시술 검출 예를 나타낸 도면이다.

도 14는 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아닐 때, 타겟의 외곽선 드로잉 예를 나타낸 도면이다.

도 15는 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인 조건 만족으로 타겟 영역의 외곽선을 드로잉하지 않는 예를 나타낸 도면이다.

도 16은 타겟 모델 고정 프레임 수 적용 시 빠른 내시경 움직임으로 인한 타겟의 오검출을 논-타겟 검출로 제거

하는 예를 나타낸 도면이다.

도 17은 적응적 프레임 수 적용으로 빠른 내시경 이동에 따른 오검출(false positive)을 줄이는 예를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정되어 해석되지 말아야 하며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0046] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "…부", "…기", "모듈", "장치" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0047] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0048] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치의 시스템 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0049] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치(100)는 통신부(110), 제어부(120), 데이터베이스(DB) (130), 디스플레이부(140)를 포함하여 구성된다.

[0050] 통신부(110)는 외부의 의료영상장치(90)로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 수신한다. 이와 같은 통신부(110)는 유선 또는 무선 통신 모듈로 구성될 수 있다.

[0051] 제어부(120)는 AI 예측 모델(121)을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화하고, 내시경 영상 분석 여부를 판별하여, 내시경 영상 분석이면 상기 통신부(110)를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측하며, 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 각 활성화 영역을 각각 이진화하고, 타겟 검출 프레임 수와 논-타겟 검출 프레임 수를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부(140)를 통해 표시한다.

[0052] 데이터베이스(DB)(130)에는 상기 통신부(110)를 통해 수신한 외부의 의료영상장치(90)로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임 데이터와, 상기 타겟 예측 모델 및 논-타겟 예측 모델의 학습을 위한 데이터와, 상기 제어부(120)에서의 내시경 영상 분석과 관련된 필요한 데이터 및 정보와, 시스템 운용을 위한 각종 앱(application)이 저장된다.

[0053] 디스플레이부(140)는 상기 제어부(120)에서의 내시경 영상 분석에 따른 다양한 영상을 화면에 표시한다. 이와 같은 디스플레이부(140)로는 LCD 패널 등이 사용될 수 있다.

[0054] 여기서, 상기 제어부(120)의 내부에는, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 통신부(110)를 통해 수신한 소화관의 내시경 영상 프레임에 대해 타겟을 예측하는 타겟 예측 모델(121t)과 논-타겟을 예측하는 논-타겟 예측 모델(121n)을 구비하는 AI 예측 모델(121)과; AI 예측 모델(121)에 의해 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별하고, 타겟과 논-타겟이 각각 검출되었으면, 타겟 예측 모델(121t) 및 논-타겟

예측 모델(121n)의 활성화 영역을 각각 추출하며, 추출된 타겟 예측 모델(121t) 및 논-타겟 예측 모델(121n)의 각 활성화 영역을 각각 이진화하는 예측 결과 처리 모듈(122); 및 타겟 검출 프레임 수(C_t)와 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})를 각각 누적하며, 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별하고, 적응적 타겟 프레임 수(Δc)의 적용여부에 따른 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구하며, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별하고, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아니거나, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이면, 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시키는 프레임 수 제어 모듈(123)이 탑재될 수 있다.

[0055] 또한, 상기 AI 예측 모델(121)은, 도 5에 도시된 바와 같이, 외부의 의료영상장치(90)로부터 내시경 영상을 입력받는 입력층(510)과, 입력층(510)을 통해 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 복수의 컨볼루션 블록으로 구성되는 컨볼루션층(520)과, 컨볼루션층(520)에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고, 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 전역평균풀링층(530) 및 전역평균풀링층(530)에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상중 학습 데이터 영상과 유사한 영상들을 출력하는 출력층(540)으로 구성될 수 있다.

[0056] 또한, 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구할 수 있다.

[0057] 또한, 상기 제어부(120)는 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부(140)를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 상기 초기화 이후 내시경 영상 분석 여부를 판별하는 프로세스로 프로세스 진행을 회귀시킬 수 있다.

[0058] 이하에서는 이상과 같은 구성을 가지는 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치를 바탕으로 한 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법에 대해 설명해 보기로 한다.

[0059] 여기서, 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법의 실시예에 대해 본격적으로 설명하기에 앞서, 본 발명에 대한 이해를 돕기 위해 본 발명에 채용되는 AI 모델의 학습과 관련하여 먼저 설명해 보기로 한다.

[0060] 도 3은 폴립, 암 등 분석 타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터를 나타낸 도면이고, 도 4는 폴립, 암 등 분석 논-타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터를 나타낸 도면이다.

[0061] 도 3을 참조하면, 폴립, 암 등 분석 타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터는 (a)~(d)와 같은 영상의 양성 클래스(positive class)와 (e)~(h)와 같은 영상의 음성 클래스(negative class)로 분류될 수 있다. 양성 클래스는 (a)~(d)의 영상에서 볼 수 있는 바와 같이, 폴립(또는 암 관련 종양)이 포함된 영상이고, 음성 클래스는 (e)~(h)의 영상에서 볼 수 있는 바와 같이, 폴립(또는 암 관련 종양)이 포함되지 않은 노멀 영상이나 블러 영상, 빛 반사 영상을 포함할 수 있다.

[0062] 도 4를 참조하면, 폴립, 암 등 분석 논-타겟 AI 모델의 학습을 위한 데이터는 시술도구나 시술영상, 시술 후 출혈 영상과 블러 영상 등에 대한 분석을 위한 것으로서, 마찬가지로 (a)~(d)와 같은 영상의 양성 클래스(positive class)와 (e)~(h)와 같은 영상의 음성 클래스(negative class)로 분류될 수 있다. 양성 클래스는 (a)~(d)의 영상에서 볼 수 있는 바와 같이, 시술도구나 시술영상, 시술 후 출혈 영상과 블러 영상 등을 포함하는 영상이고, 음성 클래스는 (e)~(h)의 영상에서 볼 수 있는 바와 같이, 시술도구나 시술영상, 시술 후 출혈

영상과 블러 영상을 포함하지 않는 폴립(또는 암 관련 종양)이 포함된 영상이다.

[0063] 도 5는 본 발명에 채용되는 AI 모델의 구성(CNN)을 나타낸 도면이다.

[0064] 도 5를 참조하면, AI 모델은 CNN(convolutional neural network)을 기반으로할 수 있다. 이와 같은 AI 모델은 전술한 바와 같이, 외부의 의료영상장치(90)로부터 내시경 영상을 입력받는 입력층(510)과, 입력층(510)을 통해 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 복수의 컨볼루션 블록으로 구성되는 컨볼루션층(520)과, 컨볼루션층(520)에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고, 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 전역평균풀링층(530) 및 전역평균풀링층(530)에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상중 학습 데이터 영상과 가장 유사한 영상을 출력하는 출력층(540)으로 구성될 수 있다.

[0065] 도 6은 본 발명에 채용되는 AI 모델의 학습 과정을 나타낸 도면이다.

[0066] 도 6을 참조하면, AI 모델의 학습 과정은 먼저 외부의 의료영상장치(90)로부터 내시경 영상이 제공되면, 그 내시경 영상을 입력층(510)을 통해 입력받는다. 그러면 컨볼루션층(520)은 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 과정을 다수회 반복 수행한다. 그런 후, 전역평균풀링층(530)은 컨볼루션층(520)에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고(즉, 각 내시경 영상을 각각 특정값으로 수치화하고, 그 수치화된 각 특정값들에 대한 평균을 구함), 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 작업을 수행한다. 그후, 출력층(540)은 전역평균풀링층(530)에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상 중 학습 데이터 영상과 유사한 영상들을 출력한다. 이때, 이 출력에 소프트맥스(softmax) 활성화 함수를 적용하여 출력을 확률로 나타내며, 가장 확률이 높은 것이 선택된다. 이상과 같은 일련의 학습 과정은 미리 설정된 학습 반복횟수만큼 반복적으로 수행된다. 또한, 이상과 같은 일련의 학습 과정에서 입력 영상의 분류에 따른 분류 손실(classification loss)과 입력 영상에 대한 활성화 영역 추출 및 이진화에 따른 활성화 손실(activation loss)이 발생하는데, 이러한 손실(분류 손실+활성화 손실)을 최소화하도록 학습을 진행한다.

[0067] 도 7은 AI 모델의 학습(training)에서의 손실의 개요를 나타낸 도면이다.

[0068] 도 7을 참조하면, 전술한 바와 같이 입력 영상의 분류에 따른 분류 손실 (classification loss; L_{cls})은 다음과 같은 수식 관계로 표현할 수 있다.

[0069] $$L_{cls} = -\sum_{i=1}^{n} t_i \log(p_i)$$

[0070] 여기서, i는 i번째 클래스에 대한 정답 레이블, p_i는 i번째 클래스에 대한 softmax 확률, n은 클래스 수를 각각 나타낸다.

[0071] 또한, 입력 영상에 대한 활성화 영역 추출 및 이진화에 따른 활성화 손실 (activation loss; L_{IoU})은 다음과 같은 수식 관계로 표현할 수 있다.

[0072] $$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

[0073] $$L_{IoU} = 1 - IoU$$

[0074] 도 8은 AI 모델의 추론(inference) 과정을 나타낸 도면이다.

[0075] 도 8을 참조하면, AI 모델의 추론(inference) 과정은 앞에서 설명한 AI 모델의 학습 과정과 마찬가지로, 외부의 의료영상장치(90)로부터 제공된 내시경 영상을 입력층(510)을 통해 입력받는다. 컨볼루션층(520)은 입력된 내시경 영상을 다수의 특징 맵으로 중첩하는 과정을 다수회 반복 수행한다. 그런 후, 전역평균풀링층(530)은 컨볼루션층(520)에 의해 다수의 특징 맵으로 중첩된 각 내시경 영상의 평균을 구하고(즉, 각 내시경 영상을 각각 특정값으로 수치화하고, 그 수치화된 각 특정값들에 대한 평균을 구함), 전체 영역에 걸쳐 각 평균을 통합하는 작업을 수행한다. 그후, 출력층(540)은 전역평균풀링층(530)에 의해 전체 영역에 걸쳐 각 평균이 통합된 영상 중 학습 데이터 영상과 유사한 영상들을 출력한다. 이때, 이 출력에 소프트맥스(softmax) 활성화 함수를 적용하여 출력을 확률로 나타낸다. 이를 AI 모델의 예측 결과로 볼 수 있다. 최종적으로 AI 모델은 예측 결과를 바탕으로

활성화 영역(도 9 및 도 10 참조)을 추출한다.

[0076] 그러면, 이하에서는 이상과 같은 AI 모델의 학습 관련 사항을 베이스로 하여 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법의 실시예에 대해 설명해 보기로 한다.

[0077] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법의 실행 과정을 나타낸 흐름도이다.

[0078] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 방법은, 먼저 제어부(120)가 AI 예측 모델(121)을 로딩 및 내시경 영상 분석과 관련된 변수를 초기화한다(단계 S201). 예를 들면, 변수는 타겟 검출 프레임 수(C_t), 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt}), 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}), 타겟 검출 프레임 수 초기화값($th_{c_{init}}$), 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$), 적응적 타겟 프레임 수(Δc), 적응적 논-타겟 프레임 수 최대값 ($\max C_{nt}$) 등을 포함할 수 있다. 그리고 이와 같은 변수들을 $C_t = 0$, $C_{nt} = 0$, $th_{c_t} = 3$, $th_{c_{init}} = 3$, $th_{c_{nt}} = 30$, $\Delta c = 0$, $\max C_{nt} = 3$ 과 같이 각각 초기화할 수 있다.

[0079] 이상과 같은 초기화 후, 제어부(120)는 내시경 영상 분석 여부를 판별하여(단계 S202), 내시경 영상 분석이면 외부의 의료영상장치(90)로부터 제공된 소화관의 내시경 영상 프레임을 통신부(110)를 통해 읽어 들인다(단계 S203).

[0080] 그러면, 제어부(120) 내의 AI 예측 모델(121)의 타겟(target) 예측 모델 (121t)과 논-타겟(non-target) 예측 모델(121n)이 상기 읽어 들인 내시경 영상 프레임에 대해 타겟 및 논-타겟을 각각 예측한다(단계 S204, S212).

[0081] 이후, 제어부(120) 내의 예측 결과 처리 모듈(122)이 상기 타겟 예측 모델 (121t) 및 논-타겟 예측 모델(121n)에 의해 각각 예측된 타겟 및 논-타겟에 대해 각각 타겟 검출과 논-타겟 검출 여부를 판별한다(단계 S205, S213). 이 판별에서, 타겟 및 논-타겟이 각각 검출되지 않았으면, 예측 결과 처리 모듈(122)은 타겟 검출 프임 수(C_t)와 논-타겟(non-target) 검출 프레임 수(C_{nt})를 각각 "0(zero)"으로 놓고 프로세스를 상기 단계 S202로 회귀시킨다.

[0082] 상기 단계 S205, S213의 판별에서 타겟이 도 11에서 볼 수 있는 바와 같이 검출되고, 논-타겟(블러, 시술도구, 출혈, 시술 등)이 도 12 및 도 13에서 볼 수 있는 바와 같이 검출되었으면, 상기 예측 결과 처리 모듈(122)이 타겟 예측 모델(121t)의 활성화 영역(도 9 참조) 및 논-타겟 예측 모델(121n)의 활성화 영역(도 10 참조)을 각각 추출한다(단계 S206, S214).

[0083] 그런 다음, 상기 예측 결과 처리 모듈(122)이 추출된 타겟 예측 모델(121t)의 활성화 영역을 도 9와 같이 이진화하고, 논-타겟 예측 모델(121n)의 활성화 영역을 도 10과 같이 이진화한다(단계 S207, S215).

[0084] 이후, 제어부(120) 내의 프레임 수 제어 모듈(123)이 타겟 검출 프레임 수 (C_t)와 논-타겟 검출 프레임 수 (C_{nt})를 각각 누적한다(단계 S208, S216). 이를 수식 관계로 나타내면 다음과 같다.

$$C_t = C_t + 1$$

[0085]

$$C_{nt} = C_{nt} + 1$$

[0086] 그리고 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)에 대해 적응적 타겟 프레임 수(Δc) 적용 여부를 판별한다(단계 S209).

[0087] 상기 단계 S209의 판별에서 상기 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되었으면, 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구한다(단계 S210). 여기서, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값

(th_{c_t})을 구함에 있어서, 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})에 상기 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 더하여 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 구할 수 있다. 이를 수식 관계로 표현하면 다음과 같다.

[0088] $$\Delta c = \min(C_{nt}, \max C_{nt})$$

[0089] $$th_{c_t} = th_{c_t} + \Delta c$$

[0090] 여기서, 이상과 같이 본 발명에서는 적응적 타겟 프레임 수(Δc)를 적용함으로써(즉, 내시경 영상 분석 과정 중 적응적으로 연속 프레임 수를 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정함으로써), 빠른 내시경 이동이나 내시경 분석장치의 처리속도 차이 등의 영향에 따른 오검출(false positive)을 줄여 AI 기반 내시경 검사의 정확도를 높일 수 있게 된다.

[0091] 이후, 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 상기 단계 S208에서 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지와, 상기 단계 S216에서 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인지를 판별한다(단계 S211, S217). 여기서, 상기 단계 S209의 판별에서 적응적 타겟 프레임 수(Δc)가 적용되지 않았으면, 이때도 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 상기 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상인지를 판별하게 된다.

[0092] 여기서, 또한 상기 단계 S211의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아니거나, 상기 단계 S217의 판별에서, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이면, 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 프로세스 진행을 상기 단계 S202로 각각 회귀시킨다.

[0093] 이때, 상기 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이 아닌 경우, 상기 프레임 수 제어 모듈(123)이 프로세스 진행을 상기 단계 S202로 회귀시킴에 있어서, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 S202로 회귀시킬 수 있다.

[0094] 한편, 상기 단계 S211의 판별에서, 상기 누적된 타겟 검출 프레임 수(C_t)가 상기 구해진 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t}) 이상이고, 상기 단계 S217의 판별에서, 상기 누적된 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상이 아니면, 도 14와 같이 상기 제어부(120)가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부(140)를 통해 표시한다(단계 S218).

[0095] 여기서, 상기 단계 S218에서 상기 제어부(120)가 내시경 영상에 타겟의 외곽선을 드로잉하여 디스플레이부(140)를 통해 표시한 후, 상기 타겟 검출 프레임 수 임계값(th_{c_t})을 타겟 검출 프레임 수 초기화 값($th_{c_{init}}$)으로 놓고 프로세스 진행을 상기 단계 S202로 회귀시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0096] 한편, 도 15는 논-타겟의 $th_{c_{nt}} \le C_{nt}$조건 만족으로 타겟 영역의 외곽선을 드로잉하지 않는 예를 나타낸

도면이다.

[0097] 도 15를 참조하면, 논-타겟 검출 프레임 수(C_{nt})가 논-타겟 검출 프레임 수 임계값($th_{c_{nt}}$) 이상인 조건($th_{c_{nt}} \leq C_{nt}$)이 만족될 경우, 최종영상에서 볼 수 있는 바와 같이, 타겟 영역의 외곽선을 드로잉하지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0098] 도 16은 타겟 모델 고정 프레임 수 적용 시 빠른 내시경 움직임으로 인한 타겟의 오검출을 논-타겟 검출로 제거하는 예를 나타낸 도면이다.

[0099] 도 16을 참조하면, 타겟 모델 고정 프레임 수 적용 시 빠른 내시경 움직임으로 인해 타겟의 오검출(타겟 오버레이)이 발생할 경우, 이를 논-타겟 검출로(즉, 타겟 오버레이 영역 위에 논-타겟 영역을 오버레이(논-타겟 오버레이)함으로써 최종 출력영상에서 볼 수 있는 바와 같이 타겟의 오검출(타겟 오버레이)을 제거할 수 있다.

[0100] 도 17은 적응적 프레임 수 적용으로 빠른 내시경 이동에 따른 오검출(false positive)을 줄이는 예를 나타낸 도면이다.

[0101] 도 17을 참조하면, 타겟 모델에 고정 프레임을 적용($th_{c_t} = 3$)할 경우에는(좌측 사진 참조) 오검출이 존재하여 타겟 외곽선을 드로잉하게 되나, 적응적 프레임 수를 적용($th_{c_t} = 6$)할 경우에는(가운데 사진 참조) 오검출을 줄이게 되어 타겟 외곽선을 드로잉하지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0103] 이상의 설명과 같이, 본 발명에 따른 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치 및 방법은 내시경 영상 분석 과정 중 적응적으로 연속 프레임 수를 변경하면서 분석 대상에 대한 검출을 확정함으로써, 빠른 내시경 이동이나 내시경 분석장치의 처리속도 차이 등의 영향에 따른 오검출(false positive)을 줄여 AI 기반 내시경 검사의 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다.

[0104] 또한, AI 기반 내시경 영상 분석에서의 오검출을 줄임으로써 내시경 검사자의 피로도를 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

[0105] 이상, 바람직한 실시예를 통하여 본 발명에 관하여 상세히 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변경, 응용될 수 있음은 당해 기술분야의 통상의 기술자에게 자명하다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 다음의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0106] 100: 내시경 영상 분석 AI 모델을 이용한 소화관 내시경 영상 분석 장치

110: 통신부 120: 제어부

121: AI 예측 모델 122: 예측 결과 처리 모듈

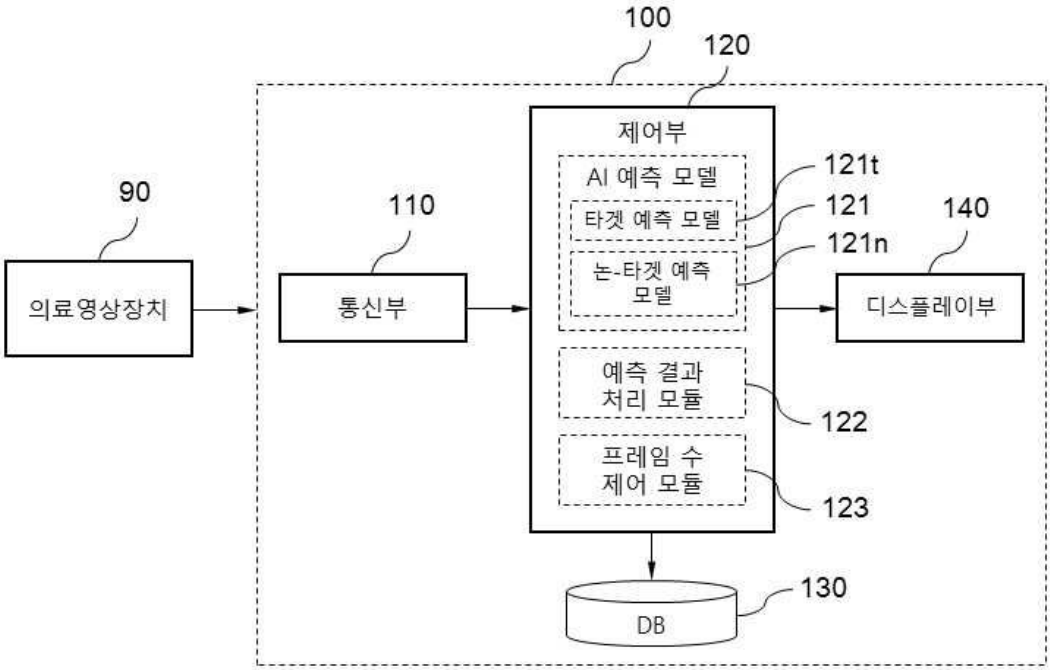
123: 프레임 수 제어 모듈 130: 데이터베이스(DB)

140: 디스플레이부 121t: 타겟 예측 모델

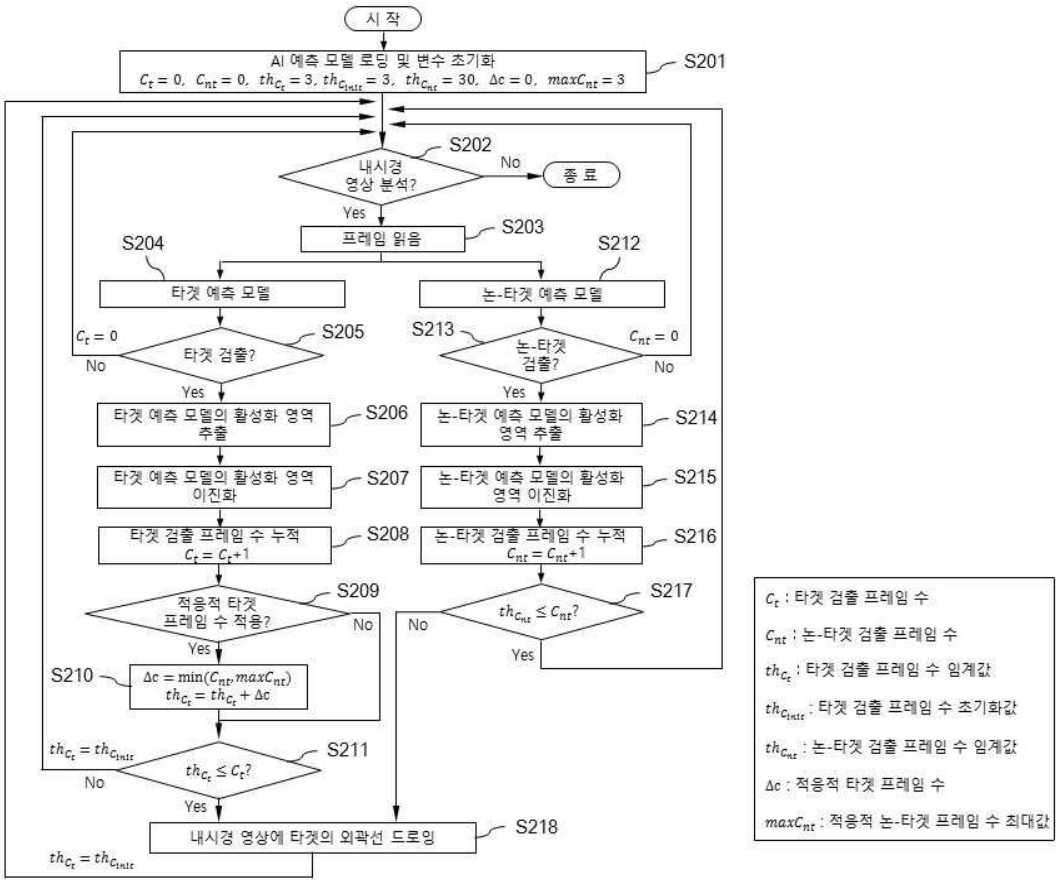
121n: 논-타겟 예측 모델

도면

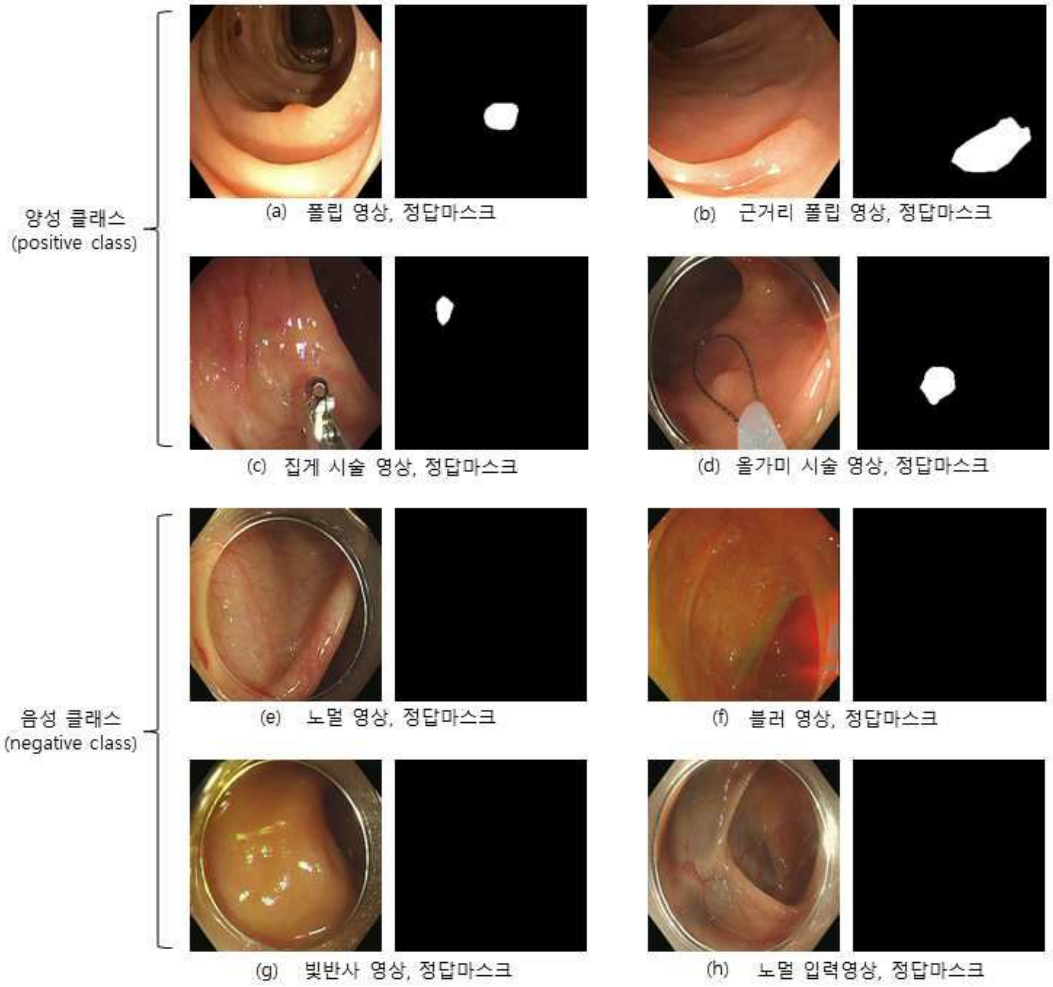
도면1


100
120
제어부
AI 예측 모델
타겟 예측 모델
논-타겟 예측 모델
121t
121
121n
90
110
140
의료영상장치
통신부
디스플레이부
예측 결과 처리 모듈
122
프레임 수 제어 모듈
123
DB
130

도면2


시 작
AI 예측 모델 로딩 및 변수 초기화
$C_t = 0,\ C_{nt} = 0,\ th_{C_t} = 3,\ th_{C_{Init}} = 3,\ th_{C_{nt}} = 30,\ \Delta c = 0,\ maxC_{nt} = 3$
S201
S202
내시경 영상 분석?
No
종 료
Yes
프레임 읽음
S203
S204
S212
타겟 예측 모델
논-타겟 예측 모델
$C_t = 0$
타겟 검출?
S205
S213
논-타겟 검출?
$C_{nt} = 0$
No
Yes
타겟 예측 모델의 활성화 영역 추출
S206
논-타겟 예측 모델의 활성화 영역 추출
S214
타겟 예측 모델의 활성화 영역 이진화
S207
논-타겟 예측 모델의 활성화 영역 이진화
S215
타겟 검출 프레임 수 누적
$C_t = C_t + 1$
S208
논-타겟 검출 프레임 수 누적
$C_{nt} = C_{nt} + 1$
S216
적응적 타겟 프레임 수 적용?
S209
$th_{C_{nt}} \le C_{nt}$?
S217
$\Delta c = \min(C_{nt}, maxC_{nt})$
$th_{C_t} = th_{C_t} + \Delta c$
S210
$th_{C_t} = th_{C_{Init}}$
$th_{C_t} \le C_t$?
S211
내시경 영상에 타겟의 외곽선 드로잉
S218
C_t : 타겟 검출 프레임 수
C_{nt} : 논-타겟 검출 프레임 수
th_{C_t} : 타겟 검출 프레임 수 임계값
$th_{C_{Init}}$: 타겟 검출 프레임 수 초기화값
$th_{C_{nt}}$: 논-타겟 검출 프레임 수 임계값
Δc : 적응적 타겟 프레임 수
$maxC_{nt}$: 적응적 논-타겟 프레임 수 최대값

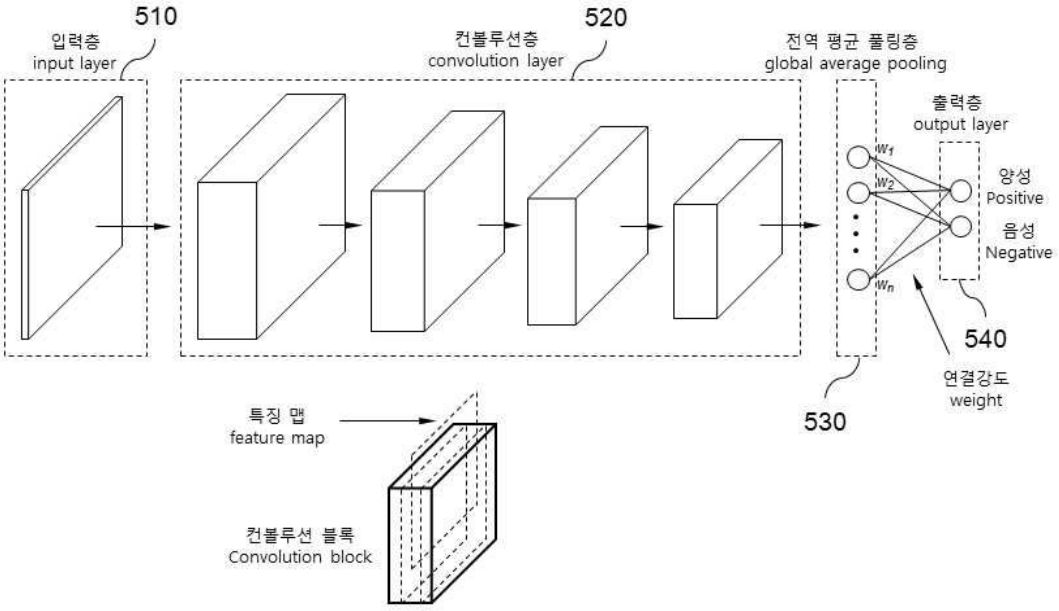
도면3


양성 클래스
(positive class)
(a) 폴립 영상, 정답마스크
(b) 근거리 폴립 영상, 정답마스크
(c) 집게 시술 영상, 정답마스크
(d) 올가미 시술 영상, 정답마스크
음성 클래스
(negative class)
(e) 노멀 영상, 정답마스크
(f) 블러 영상, 정답마스크
(g) 빛반사 영상, 정답마스크
(h) 노멀 입력영상, 정답마스크

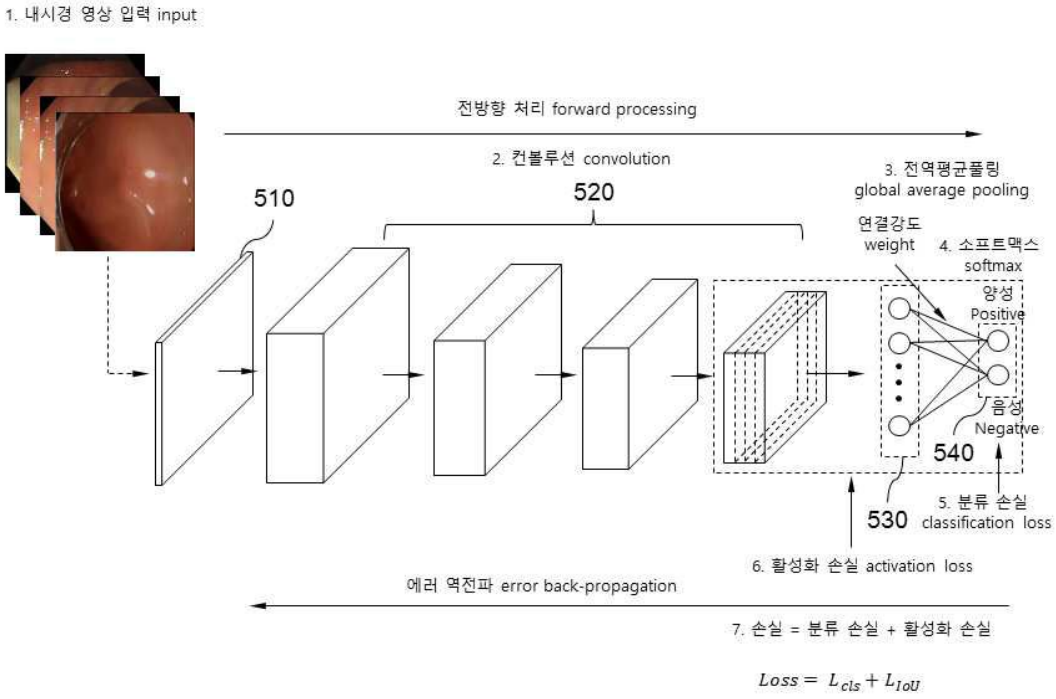
도면4

양성 클래스
(positive class)
(a) 집게시술 영상, 정답마스크
(b) 폴립 시술 영상, 정답마스크
(c) 시술 후 출혈 영상, 정답마스크
(d) 블러 영상, 정답마스크
음성 클래스
(negative class)
(e) 폴립 영상, 정답마스크
(f) 폴립 영상, 정답마스크
(g) 폴립 영상, 정답마스크
(h) 폴립 영상, 정답마스크

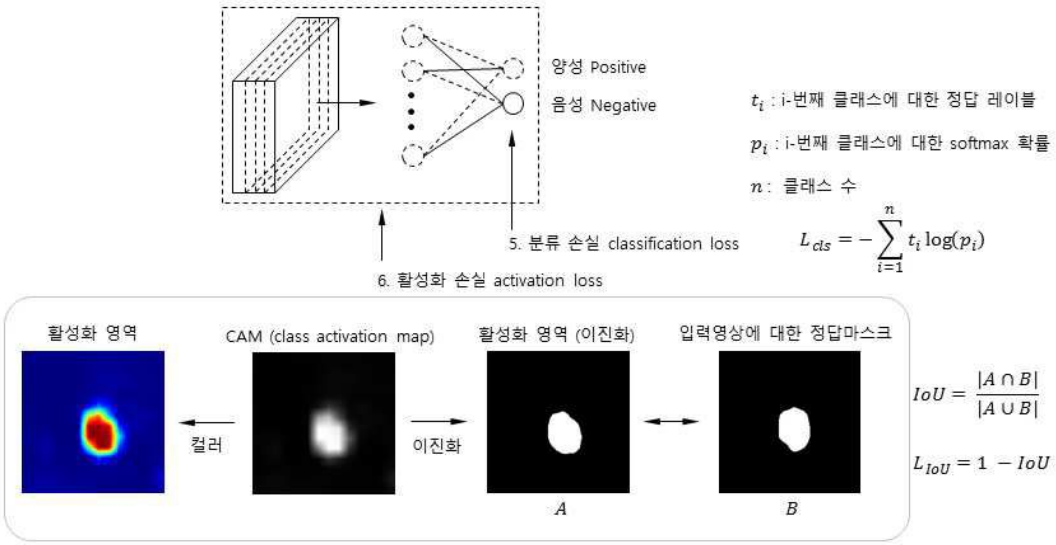
도면5


510
입력층
input layer
520
컨볼루션층
convolution layer
전역 평균 풀링층
global average pooling
출력층
output layer
양성
Positive
음성
Negative
540
연결강도
weight
530
특징 맵
feature map
컨볼루션 블록
Convolution block

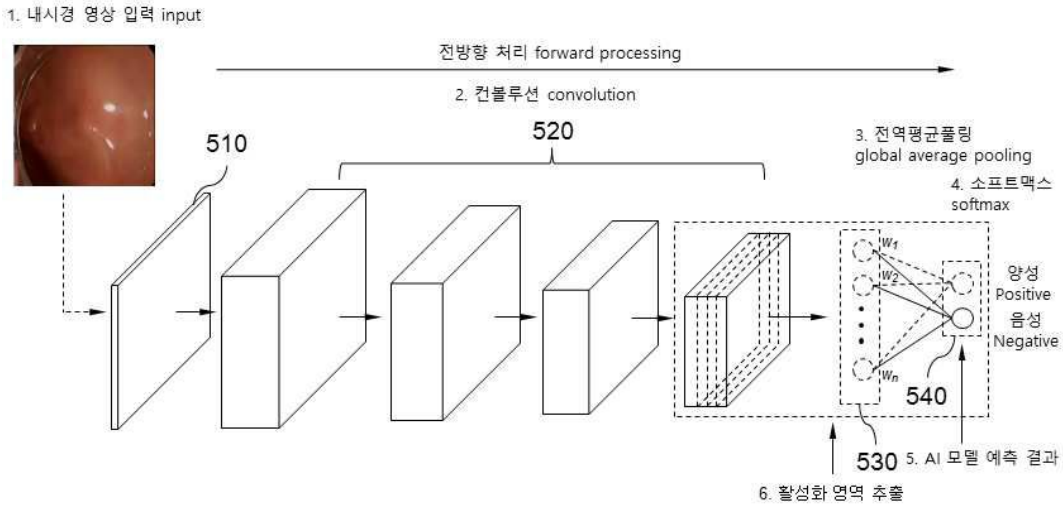
도면6


1. 내시경 영상 입력 input
전방향 처리 forward processing
2. 컨볼루션 convolution
510
520
3. 전역평균풀링
global average pooling
연결강도
weight
4. 소프트맥스
softmax
양성
Positive
음성
Negative
540
530
5. 분류 손실
classification loss
6. 활성화 손실 activation loss
에러 역전파 error back-propagation
7. 손실 = 분류 손실 + 활성화 손실
$Loss = L_{cls} + L_{IoU}$

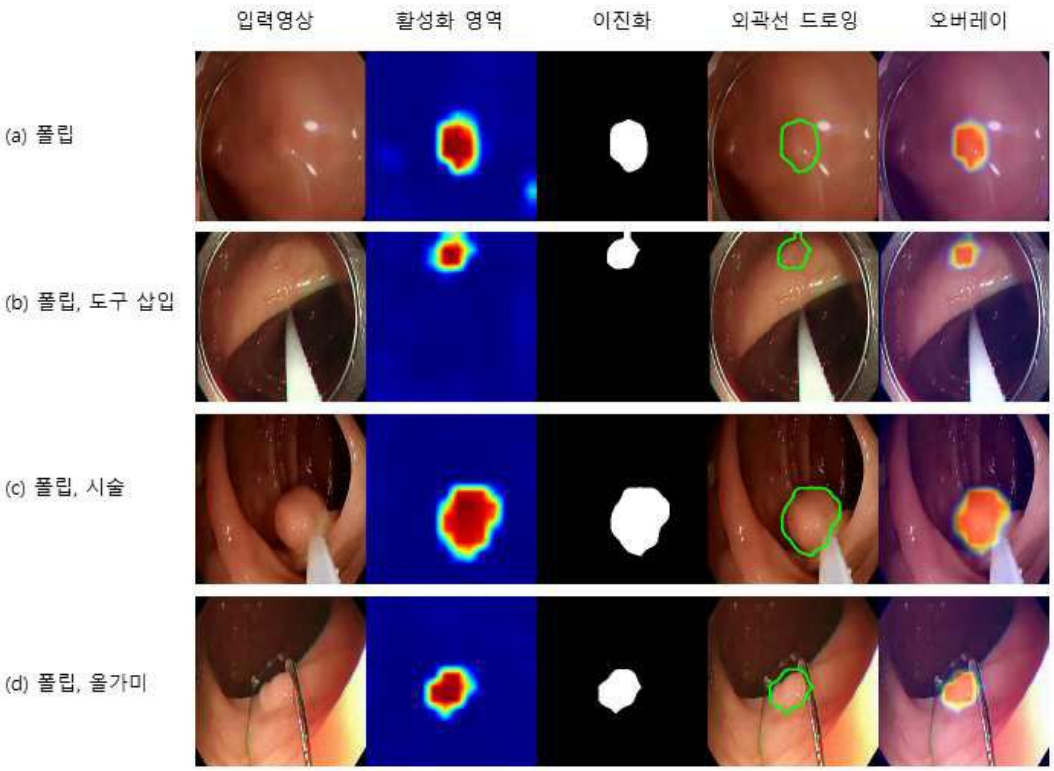
도면7


양성 Positive
음성 Negative
5. 분류 손실 classification loss
6. 활성화 손실 activation loss
t_i : i-번째 클래스에 대한 정답 레이블
p_i : i-번째 클래스에 대한 softmax 확률
n : 클래스 수
$L_{cls} = -\sum_{i=1}^{n} t_i \log(p_i)$
활성화 영역
CAM (class activation map)
활성화 영역 (이진화)
입력영상에 대한 정답마스크
컬러
이진화
A
B
$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$
$L_{IoU} = 1 - IoU$

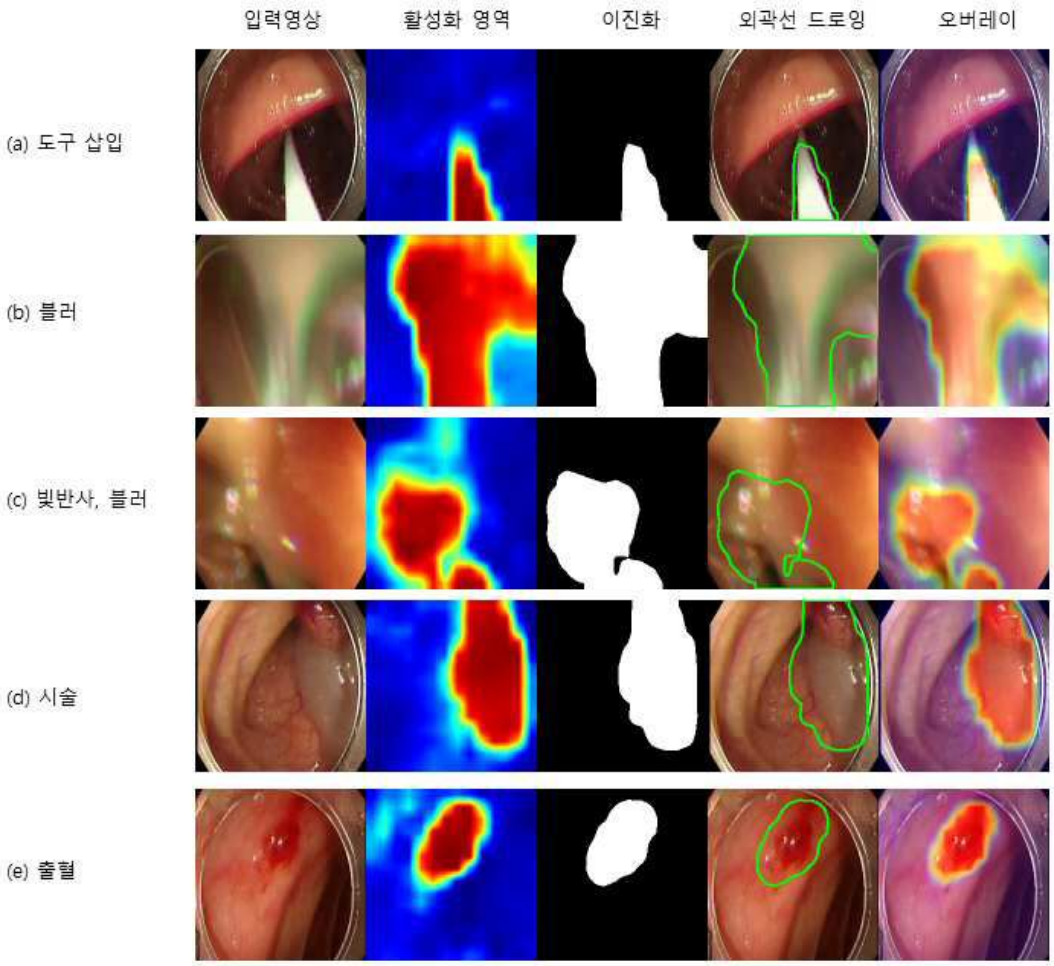
도면8


1. 내시경 영상 입력 input
전방향 처리 forward processing
2. 컨볼루션 convolution
510
520
3. 전역평균풀링
global average pooling
4. 소프트맥스
softmax
양성
Positive
음성
Negative
540
530
5. AI 모델 예측 결과
6. 활성화 영역 추출

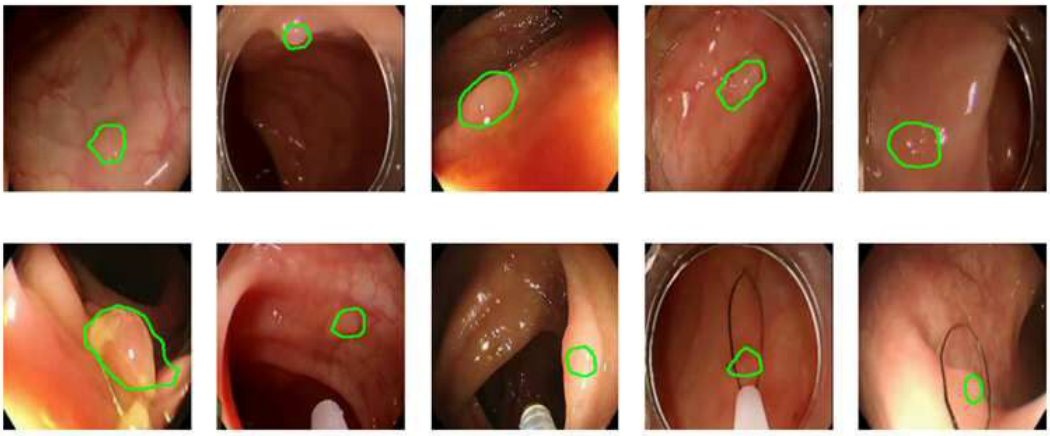
도면9


입력영상
활성화 영역
이진화
외곽선 드로잉
오버레이
(a) 폴립
(b) 폴립, 도구 삽입
(c) 폴립, 시술
(d) 폴립, 올가미

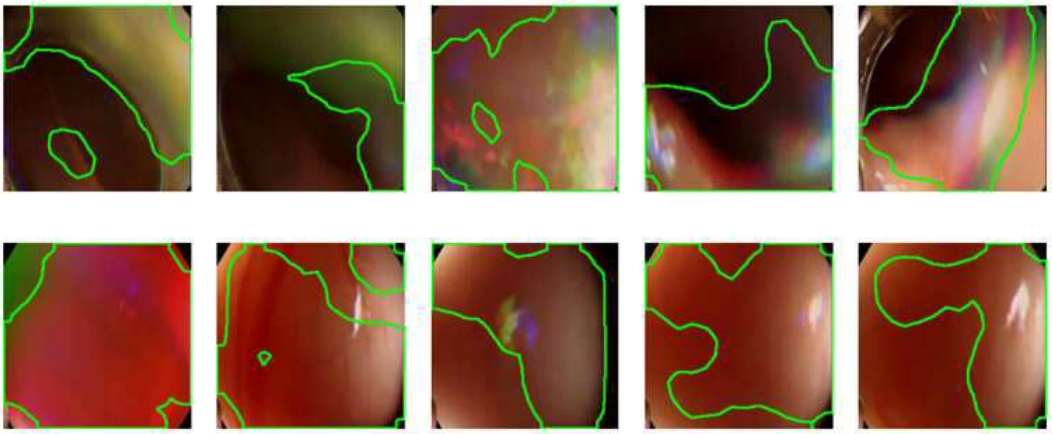
도면10



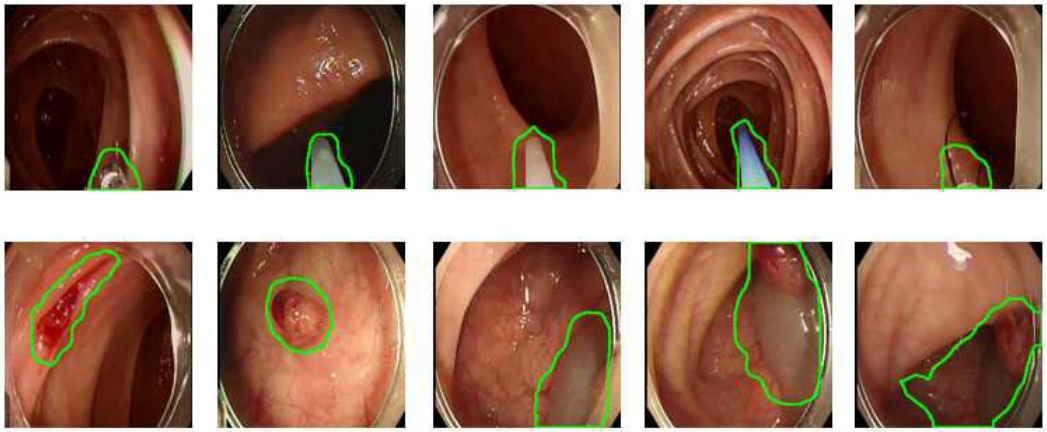
도면11



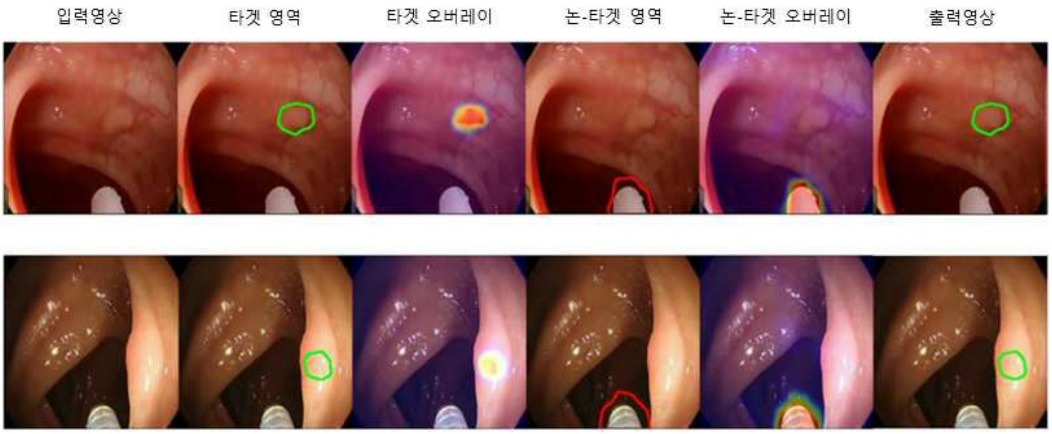
도면12



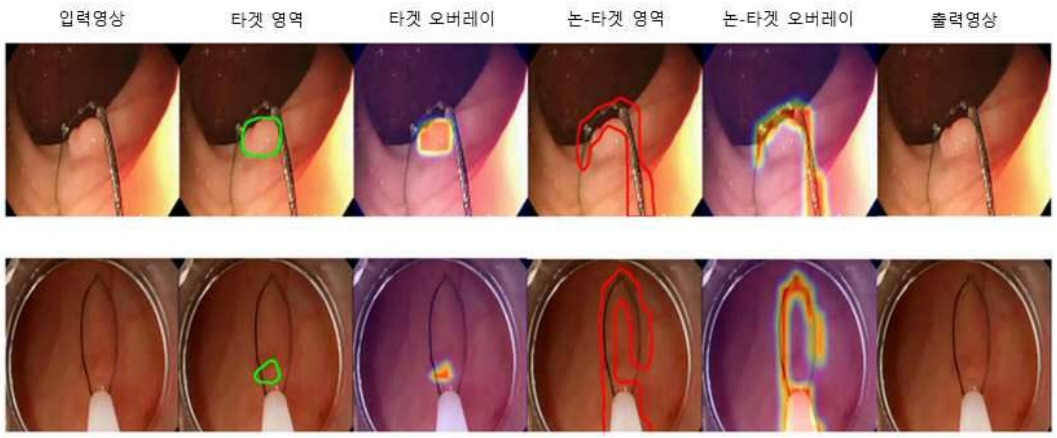
도면13



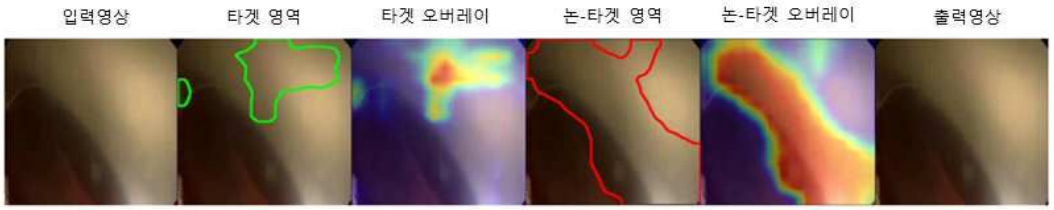
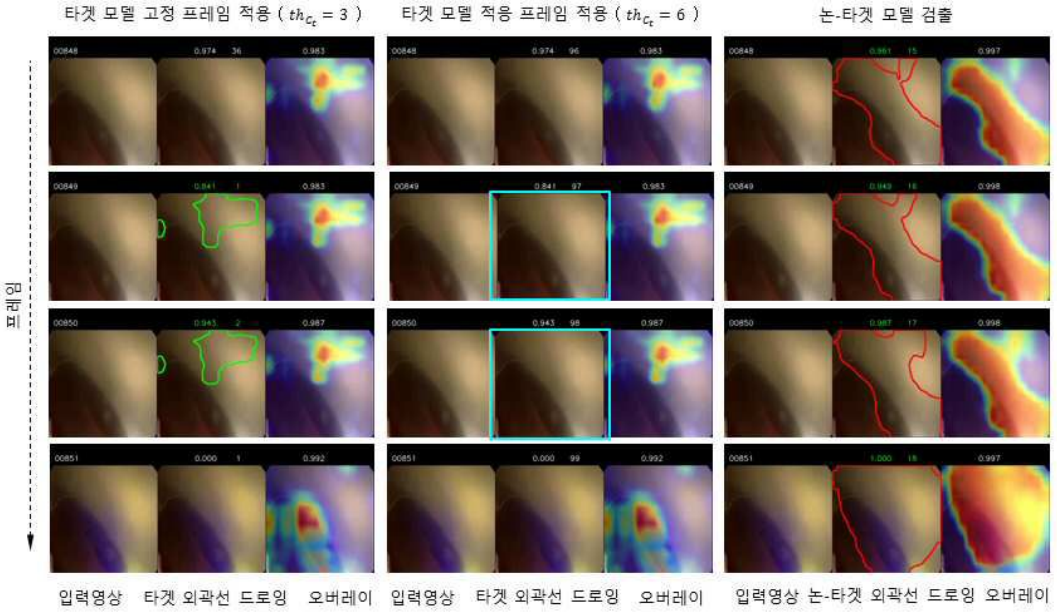
도면14



도면15



도면16



도면17