



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0050616
(43) 공개일자 2025년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/24 (2006.01) G01B 11/16 (2006.01)
G06N 3/0464 (2023.01) G06N 3/08 (2023.01)
G06T 7/90 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/24 (2013.01)
G01B 11/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0133825
(22) 출원일자 2023년10월06일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김건
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과학기술원)
이정훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과학기술원)
백승오
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과학기술원)
(74) 대리인
특허법인 수

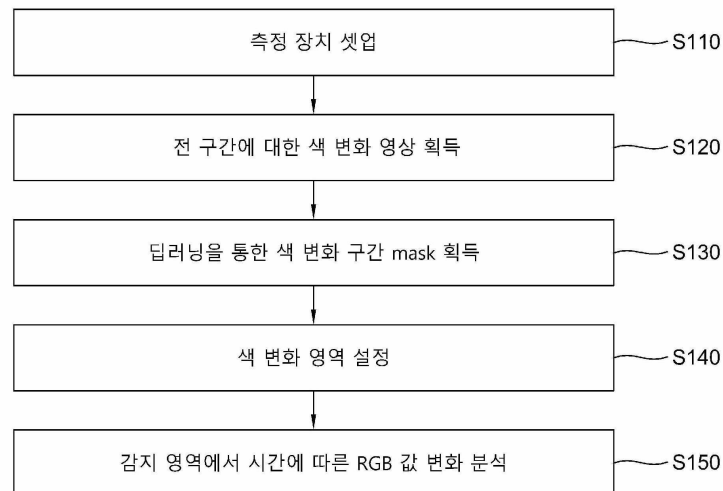
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법은, 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대해 영상 수신 장치를 통해 획득하는 단계, 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 단계, 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 단계, 및 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

G06N 3/0464 (2023.01)

G06N 3/08 (2023.01)

G06T 7/90 (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711195191
과제번호	00213559
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	사회기반시설 손상 예방 및 즉각적 대응을 위한 지능형 폴리머 센서 개발
기 여 율	95.00/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711186663
과제번호	2021R1A4A1030867
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	탄소중립형 고성능 무시멘트 콘크리트 및 구조적용 기술 개발
기 여 율	5.00/100
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법에 있어서,

상기 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함하는 측정 장치를 셋업하는 단계;

상기 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대해 영상 수신 장치를 통해 획득하는 단계;

상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 상기 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 단계;

상기 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 단계; 및

상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 최종 색 변화 영역 설정 단계는, 상기 색 변화가 일어나는 구간에서 획득한 mask를 바탕으로 설정된 색 변화 영역을 이용하여, 색 변화가 일어나지 않는 구간으로 확장을 통해 색 변화 없는 구간에서의 색 변화 영역 설정을 수행하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 mask를 획득 단계 및 최종 색 변화 영역으로 설정 단계는,

학습용 색 변화 영상을 Faster R-CNN의 RPN 알고리즘으로 입력하는 단계;

상기 Faster R-CNN 에서 학습용 RoI(Region of interest) 를 획득하는 단계;

상기 학습용 RoI로부터 classification branch 및 bounding box regression branch를 이용하여 학습용 객체 class를 예측하고, mask branch를 이용하여 학습용 segmentation mask 를 예측하는 단계; 및

예측된 학습용 객체 class 및 학습용 segmentation mask를 이용하여 학습용 색 변화 영상 이미지의 색 변화 영역을 예측하는 단계;

를 포함하는 상기 색 변화 영역의 예측 과정의 학습을 통해 색 변화 영역 설정을 위한 웨이트 값을 획득하고, 획득된 웨이트 값을 이용하여 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 색 변화 영역을 설정하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 RGB 값 변화 분석 단계에서는,

상기 색 변화 영역 감지 및 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값 변화 분석을 수행하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 RGB 값 변화 분석 단계에서는,

상기 분석된 RGB 값 변화를 그래프 및 데이터 형태로 추출하여 제공하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 방법.

청구항 6

딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 장치에 있어서,

상기 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함하는 측정 장치; 및

상기 측정 장치를 셋업하는 프로세스; 상기 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대해 영상 수신 장치를 통해 획득하는 프로세스; 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 상기 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 프로세스; 상기 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 프로세스; 및 상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 프로세스;를 수행하는 프로세서;를 포함하는 것을 특징으로 하는 색 변화 영상 분석 장치.

청구항 7

메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함하는 측정 장치를 셋업하는 단계;

상기 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대해 영상 수신 장치를 통해 획득하는 단계;

상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 상기 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 단계;

상기 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 단계; 및

상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 단계;

를 포함하는 색 변화 영상 분석 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고강도 집속 초음파를 활용한 메카노포어 기반 폴리머 센서를 센서로 활용하기 위해 딥러닝을 통한 색 변화 영상 분석 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 힘에 의해 색이 변하는 메카노포어의 특성을 활용하여 센서로서의 가능성을 확인하기 위해서는 일정한 크기의 힘을 반복적으로 정확한 위치에 발생시켜야 한다.

[0003] 또한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 성능을 평가하기 위해서 고강도 집속 초음파에 의한 색 변화와 변형률의 상관 관계를 분석해야 한다. 이 과정에서 가장 중요한 부분은 폴리머 센서의 색 변화와 변형률 측정 실험에서 고강도 집속 초음파(high-intensity focused ultrasound; HIFU)로 발생시키는 힘이 가해지는 위치와 크기가 각각의 실험을 진행할 때 전부 동일해야 한다는 점이다.

[0004] 즉, 개발된 메카노포어 기반 폴리머 센서의 사용 가능성을 확인하기 위해서는 색 변화를 측정하는 실험과 변형률을 측정하는 실험을 각각 수행하여야 한다. 또한 각각의 실험에서 폴리머 센서에 가해지는 힘의 크기, 힘이

가해지는 위치, 그리고 힘이 가해지는 시간이 동일해야 한다.

[0005] 아직까지는 이러한 실험을 진행하기 위한 적합한 실험 장치가 존재하지 않았다. 아울러, 이러한 실험 장치를 통해 메카노포어 기반 폴리머 센서 개발을 진행하고, 힘에 의해 발생하는 색 변화만으로 구조물에 발생하는 변형률 또는 응력을 측정하는 센서로써 활용할 수 있도록 색 변화량 및 변형률 사이의 연동 방식을 확인할 필요가 있었다.

[0006] 또한, 이를 위해서는 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화가 일어나는 실험 영상을 분석하기 위한 방법이 제시되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 개발된 메카노포어 기반 폴리머 센서의 사용 가능성을 확인하기 위해 색 변화와 변형률의 사이를 확인해야 하고, 이를 위해 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화를 분석할 수 있는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0008] 또한 본 발명은 색 변화 영역의 자동 감지 및 감지 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값을 측정할 수 있는 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법은, 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함하는 측정 장치를 셋업하는 단계; 상기 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에서 영상 수신 장치를 통해 획득하는 단계; 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에서 영상을 Mask R-CNN을 통해 상기 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 단계; 상기 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 단계; 상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 단계; 를 포함한다.

[0010] 일 실시예에서, 상기 최종 색 변화 영역 설정 단계는, 상기 색 변화가 일어나는 구간에서 획득한 mask를 바탕으로 설정된 색 변화 영역을 이용하여, 색 변화가 일어나지 않는 구간으로 확장을 통해 색 변화 없는 구간에서의 색 변화 영역 설정을 수행한다.

[0011] 일 실시예에서, 상기 mask를 획득 단계 및 최종 색 변화 영역으로 설정 단계는, 학습용 색 변화 영상을 Faster R-CNN의 RPN 알고리즘으로 입력하는 단계; 상기 Faster R-CNN 에서 학습용 RoI(Region of interest) 를 획득하는 단계; 상기 학습용 RoI로부터 classification branch 및 bounding box regression branch를 이용하여 학습용 객체 class를 예측하고, mask branch를 이용하여 학습용 segmentation mask 를 예측하는 단계; 및 예측된 학습용 객체 class 및 학습용 segmentation mask를 이용하여 학습용 색 변화 영상 이미지의 색 변화 영역을 예측하는 단계;를 포함하는 상기 색 변화 영역의 예측 과정의 학습을 통해 색 변화 영역 설정을 위한 웨이트 값을 획득하고, 획득된 웨이트 값을 이용하여 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에서 색 변화 영역을 설정한다.

[0012] 일 실시예에서, 상기 RGB 값 변화 분석 단계에서는, 상기 색 변화 영역 감지 및 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값 변화 분석을 수행한다.

[0013] 일 실시예에서, 상기 RGB 값 변화 분석 단계에서는, 상기 분석된 RGB 값 변화를 그래프 및 데이터 형태로 추출하여 제공한다.

발명의 효과

[0014] 이와 같이 본 발명에 따르면, 다음과 같은 효과가 있다.

[0015] 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 딥 러닝 알고리즘을 통해 실험 영상의 전 구간에서 색 변화 영역을 자동으로 감지할 수 있는 효과를 제공한다.

[0016] 또한 본 발명에 따른 색 변화 영상 분석 방법은 색 변화가 발생하는 구간에서 생성된 예측 영역들의 중첩되는

영역을 최종 영역으로 설정하여 실험 영상 전구간에 적용해 준다. 이를 통해 색 변화가 발생하지 않는 구간도 포함되어 있는 실험 영상의 전 구간에 영역 설정이 가능한 효과가 있다.

[0017] 또한 본 발명에 따른 색 변화 영상 분석 방법은 자동으로 감지된 영역에서의 시간에 따른 RGB 변화를 분석하고 그 결과를 그래프 형태로 산출하여 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 일반적인 초음파 센서와 고강도 집속 초음파를 비교한 도면이고, 도 2는 고강도 집속 초음파의 기하학적 특성을 나타낸다.

도 3은 도 2의 고강도 집속 초음파의 초점 거리를 구현할 수 있도록 하는 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 측정 장치의 실험 모습의 예를 나타낸다.

도 4는 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 변형률 측정 장치의 실험 모습의 예를 나타낸다.

도 5는 본 발명에 따른 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 6은 딥 러닝을 통한 색 변화 영역 설정 과정을 나타낸다.

도 7은 일반적인 Mask R-CNN 알고리즘을 나타낸다.

도 8은 본 발명에 따른 딥 러닝 알고리즘을 통해 색 변화 영역을 예측한 결과를 나타낸다.

도 9는 본 발명에 따른 딥 러닝 알고리즘을 통해 얻은 시간에 따른 RGB 값 분석 결과를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 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 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 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.

[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 존재함으로 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] 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.

[0024] 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.

- [0025] 메카노포어는 기계적 자극으로 활성화되어 특정 화학 반응을 우선적으로 발생할 수 있도록 설계된 화학분자이다. 구부리면 색깔이 달라지는 인공 피부 등에도 사용된다.
- [0026] 이러한 메카노포어는 힘에 의해 색이 변하는 특성을 갖는데, 본 발명에서는 이러한 특성을 활용하여 센서로서의 사용 가능성을 확인하고자 한다. 먼저 센서로서의 사용 가능성을 확인하기 위해서는 일정한 크기의 힘을 반복적으로 정확한 위치에 발생시켜야 한다. 이를 위해 초음파를 활용하고자 하는데, 일반적인 초음파 센서로서는 일정 강도 이상의 힘을 모사하는 데 한계가 있기 때문에 고강도 집속 초음파를 이용하여 메카노포어 센서에 힘을 가하고자 한다.
- [0027] 고강도 집속 초음파(High Intensity Focused Ultrasonic; HIFU)는 일반적인 초음파 센서가 아닌 단면에 곡률이 적용되어 특정 위치에 초음파 에너지가 집중되게 해주는 초음파 센서이다.
- [0028] 도 1은 일반적인 초음파 센서와 고강도 집속 초음파를 비교한 도면이고, 도 2는 고강도 집속 초음파의 기하학적 특성을 나타낸다.
- [0029] 도 2를 참조하면, 고강도 집속 초음파의 초점 거리에서는 기존 초음파 센서로서는 발생시킬 수 없는 크기의 힘을 대상에게 가할 수 있다. 그러나 정확도 높은 실험을 위해서는 실험 대상의 초점 거리에 정확하게 위치시켜야 하는 문제가 있다.
- [0030] 도 3은 도 2의 고강도 집속 초음파의 초점 거리를 구현할 수 있도록 하는 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 측정 장치의 실험 모습의 예를 나타낸다.
- [0031] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 측정 장치(100)는 물(111) 담겨 있는 수조(110), HIFU 홀더부(120), 폴리머 센서 홀더부(130), 3D 포지셔닝부(140), 조명부(150) 및 영상 수신장치(160)를 포함한다.
- [0032] 이때, HIFU 홀더부(120)와 폴리머 센서 홀더부(130)는 3D 포지셔닝부(140)에 의해 그 거리가 조절된 후, 고정될 수 있어, 실험 때마다 그 거리를 조절할 필요가 없게 한다. 또한, HIFU 홀더부(120)와 폴리머 센서 홀더부(130)의 거리는 도 2에 도시된 HIFU의 초점 거리에 맞도록 설정된다.
- [0033] 즉, 본 발명에서는 고강도 집속 초음파로 센서에 가해질 힘의 위치를 정밀하게 설정하기 위해 3D 포지셔닝 시스템을 활용하였고, 개발 센서에 일정한 힘을 동일한 위치에 가해지도록 설정하기 위해, 수조속에 위치하는 고강도 집속 초음파(HIFU) 및 폴리머 센서는 처음 실험 셋업이 설정된 이후 변경하지 않아도 될 수 있도록 실험 셋업을 구성하였다.
- [0034] 고강도 집속 초음파를 전용 홀더, 즉 HIFU 홀더부(120)에 결합 이후, 3D 포지셔닝부(140)에 연결하고, 폴리머 센서 홀더도 전용 홀더인 폴리머 센서 홀더부(130)에 결합한 이후, 옵티컬 브레드보드(optical breadboard; 170)에 연결한다. 이 옵티컬 브레드보드(170)도 3D 포지셔닝부(140)에 연결되어 HIFU 홀더부(120)는 폴리머 센서 홀더부(130)과 상호 소정 거리 및 위치에서 결합되게 된다. 이렇게 각각 홀더부(120, 130)는 전부 수조(110) 속에 위치되도록 설치한다.
- [0035] 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 측정 장치(100)의 3D 포지셔닝부(140)에 연결된 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치는 정밀한 공간적 조절이 가능하여 폴리머 센서의 특정 위치에 힘이 작용할 수 있게 설정할 수 있다. 이후에 카메라 등의 영상 수신 장치(160)를 폴리머 센서의 힘이 작용하는 위치를 촬영할 수 있도록 수조(110) 밖에 설치한다. 또한 실험 중 색 변화가 가장 잘 확인할 수 있는 밝기를 조절하기 위해 LED 조명을 조사하는 조명부(150)도 수조 밖에 설치한다. 이를 통해 해당 셋업으로 폴리머 센서에 동일한 크기의 힘을 동일한 위치에 반복적으로 가할 수 있게 한다.
- [0036] 도 3을 참조하면, 수조(110)는 HIFU 홀더부(120) 및 폴리머 센서 홀더부(130)를 담을 수 있고, 그 내부에는 물(111)이 담겨져 있다. 한편, 조명부(150) 및 영상 수신 장치(160)는 수조 밖에 설치된다.
- [0037] HIFU 홀더부(120)는 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치를 고정하는 기능을 한다.
- [0038] 다시 도 3을 참조하면, 폴리머 센서 홀더부(130)는 메카노포어 기반 폴리머 센서를 고정하기 위한 홀더부이다.
- [0039] 그리고, 3D 포지셔닝부(140)는 HIFU 홀더부(120) 방향을 상기 폴리머 센서를 향하도록 고정하고, HIFU 발생 장치와 폴리머 센서의 거리를 HIFU 발생 장치의 초음파 초점 거리에 맞춰 HIFU 홀더부와 상기 폴리머 센서 홀더부의 거리를 조절 가능하도록 HIFU 홀더부와 폴리머 센서 홀더부를 고정하는 기능을 한다.

- [0040] 조명부(150)는 폴리머 센서로 LED 조명을 조사하는 기능을 하며, 영상 수신 장치(160)는 조명부(150)로부터 조사되는 빛에 의해 상기 폴리머 센서의 색 변화 영역을 촬영하여 색 변화 영역의 이미지를 획득하는 장치이다.
- [0041] 이때 조명부(150)는 폴리머 센서 홀더부(130)를 기준으로 HIFU 홀더부(120)의 반대편에서 폴리머 센서 홀더부를 향해 LED 조명을 조사하여, 그 반사 빛이 상기 영상 수신 장치로 들어갈 수 있도록 배치한다.
- [0042] 도 4는 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 변형률 측정 장치의 실험 모습의 예를 나타낸다.
- [0043] 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 변형률 측정 장치의 설치 세팅을 설명하면 다음과 같다.
- [0044] 도 4에 도시된 메카노포어 기반 폴리머 센서의 변형률 측정 장치(200)는 도 4에 도시된 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 측정 장치(100)과 동일한 배치를 갖되, 조명부(150) 대신 레이저 조사부(250)만 구비하는 차이점이 존재한다. 이에 따라 메카노포어 기반 폴리머 센서의 변형률 측정 장치(200)는 도 3을 통해 설명한 바와 같이, 물(111) 담겨 있는 수조(210), HIFU 홀더부(220), 폴리머 센서 홀더부(230), 3D 포지셔닝부(240), 레이저 조사부(250) 및 영상 수신장치(260)를 포함한다.
- [0045] 도 4의 수조(210), HIFU 홀더부(220), 폴리머 센서 홀더부(230), 3D 포지셔닝부(240)는 각각 도 4의 수조(110), HIFU 홀더부(120), 폴리머 센서 홀더부(130), 3D 포지셔닝부(140)와 동일하고, 그 배치 및 셋업은 그대로 유지도록 사용된다.
- [0046] 다만, 레이저 조사부(250)는 폴리머 센서로 레이저를 조사하는 기능을 수행하고, 도 4에 있던 조명부(150)은 제거된다. 그리고 영상 수신 장치(260)는 상기 레이저 조사부(250)로부터 조사되는 레이저에 의해 상기 폴리머 센서의 변형을 촬영하여 변형률 측정 이미지를 획득하기 위한 기능을 수행한다.
- [0047] 한편, 도 4에 도시된 바와 같이, 레이저 조사부(250)는 상기 폴리머 센서 홀더부(230)를 기준으로 상기 폴리머 센서 홀더부의 측면에 상기 폴리머 센서 홀더부에 수직 방향으로 배치되어, 폴리머 센서 홀더부 측면의 C 자형의 측면 홈으로 상기 레이저가 조사됨으로써 폴리머 센서의 측면으로 레이저가 조사되도록 배치되게 한다.
- [0048] 이와 같이, 본 발명에서는 고강도 집속 초음파 및 폴리머 센서 홀더부는 실험을 위해 맞춤형 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률 측정 장치로 제작되었다. 폴리머 센서에 동일한 크기의 힘을 동일한 위치에 반복적으로 가할 수 있도록 수조 속에 설치되는 고강도 집속 초음파와 폴리머 센서는 실험 셋업을 한 이후로 조정할 필요가 없으며, 이를 통해 색 변화 실험과 변형률 측정 실험을 하는 동안 일정한 위치에 일정한 크기의 힘이 반복적으로 가해짐으로서 개발 센서의 성능을 평가할 수 있게 할 수 있다.
- [0049] 도 5는 본 발명에 따른 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0050] 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 방법은, 측정 장치 셋업 단계(S110), 전 구간에 대한 색 변화 영상 획득 단계(S120), 딥러닝을 통한 색 변화 구간 mask 획득 단계(S130), 색 변화 영역 설정 단계(S140) 및 감지 영역에서 시간에 따른 RGB 값 변화 분석 단계(S150)를 포함한다.
- [0051] 측정 장치 셋업 단계(S110)에서는 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함하는 측정 장치(100, 200)를 셋업한다.
- [0052] 전 구간에 대한 색 변화 영상 획득 단계(S120) 단계에서는, 측정 장치에 LED 조명을 조사하여, 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대하여 영상 수신 장치를 통해 획득한다. 이때, LED 조명을 조사하는 단계에서는, 폴리머 센서의 색 변화 이미지를 가장 선명하게 획득할 수 있는 최적의 밝기로 LED 조명을 조사한다. 이를 위해 색 변화 이미지를 선명하게 획득할 수 있는 최적의 밝기를 학습하고 학습된 최적의 밝기로 LED 조명을 조사할 수 있을 것이다.
- [0053] 딥러닝을 통한 색 변화 구간 mask 획득 단계(S130)에서는 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 색 변화가 일어나는 구간에서 생성된 mask를 획득한다.
- [0054] 그리고 색 변화 영역 설정 단계(S140)에서는 획득한 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정한다.

- [0055] 그리고 상기 최종 색 변화 영역 설정 단계(S140)에서는, 상기 색 변화가 일어나는 구간에서 획득한 mask를 바탕으로 설정된 색 변화 영역을 이용하여, 색 변화가 일어나지 않는 구간으로 확장을 통해 색 변화 없는 구간에서의 색 변화 영역 설정을 수행한다.
- [0056] 도 6은 딥 러닝을 통한 색 변화 영역 설정 과정을 나타낸다.
- [0057] 도 6을 참조하면, 딥 러닝을 통한 색 변화 영역 설정 과정은, 학습용 색 변화 영상으로부터 학습용 RoI(Region of interest)를 획득하는 단계(S210), 학습용 객체 class 및 학습용 segmentation mask 예측 단계(S220), 학습용 색 변화 영역 예측 단계(S230), 웨이트 값 획득 단계(S240) 및 실험을 통한 색 변화 영상에 적용하는 단계(S250)를 포함한다.
- [0058] 일 실시예에서, 이러한 mask를 획득 단계(S130) 및 최종 색 변화 영역으로 설정 단계(S140)는, 상기 S210 내지 S250 단계를 포함하며, 학습용 색 변화 영상으로부터 학습용 RoI(Region of interest)를 획득하는 단계(S210)에서는, 학습용 색 변화 영상을 Faster R-CNN의 RPN 알고리즘으로 입력하고, 상기 Faster R-CNN에서 학습용 RoI(Region of interest)를 획득한다. 학습용 객체 class 및 학습용 segmentation mask 예측 단계(S220)에서는 상기 학습용 RoI로부터 classification branch 및 bounding box regression branch를 이용하여 학습용 객체 class를 예측하고, mask branch를 이용하여 학습용 segmentation mask를 예측한다. 학습용 색 변화 영역 예측 단계(S230)에서는 예측된 학습용 객체 class 및 학습용 segmentation mask를 이용하여 학습용 색 변화 영상 이미지의 색 변화 영역을 예측한다.
- [0059] 그리고, 실험을 통한 색 변화 영상에 적용하는 단계(S250)에서는, 이러한 S210 단계 내지 S230 단계를 포함하는 상기 색 변화 영역의 예측 과정의 학습을 통해 색 변화 영역 설정을 위한 웨이트 값을 획득하고, 획득된 웨이트 값을 이용하여 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 색 변화 영역을 설정하게 된다.
- [0060] 도 7은 일반적인 Mask R-CNN 알고리즘을 나타낸다.
- [0061] 도 7을 참조하면, Mask R-CNN은 Faster R-CNN의 RPN에서 얻은 RoI(Region of Interest)에 대하여 객체의 class를 예측하는 classification branch, bbox(bounding box) regression을 수행하는 bbox regression branch와 평행으로 segmentation mask를 예측하는 mask branch를 추가한 구조를 가지고 있다. mask branch는 각각의 RoI에 작은 크기의 FCN(Fully Convolutional Network)가 추가된 형태이다. segmentation task를 보다 효과적으로 수행하기 위해 Mask R-CNN에서는 객체의 spatial location을 보존하는 RoIAlign layer를 추가한 것이다.
- [0062] Mask R-CNN을 이용한 딥러닝 학습 방법은 입력 이미지의 전처리 과정, 예를 들어, 원본 이미지의 width, height 중 더 짧은 쪽(shorter edge)이 타겟 사이즈로 리사이즈 시키는 과정을 거쳐, backbone network에 입력하여 피쳐(feature) 피라미드를 얻는다. 그런 다음, 피쳐 피라미드 별로 RPN(Region Proposal Network)에 입력하여 objectness score과 bbox regressor를 가진 Region proposal을 출력한다.
- [0063] 그 다음 RPN을 통해 얻은 Region proposal 중 최적의 RoI를 선정한다. 이 과정은 Faster R-CNN의 Proposal layer, Anchor target layer, Proposal target layer에서 수행하는 과정이다. backbone network를 통해 여러 scale을 가진 feature pyramid가 생성된다. 그리고 RPN과 Proposal layer를 거쳐 N개의 RoI가 선정된다. 그리고 나서 RoI와 feature pyramid를 매칭시켜준다.
- [0064] RoIAlign 과정을 통해 얻은 7x7 크기의 feature map을 fc layer를 거쳐 classification branch, bbox regression branch에 전달한다. 이를 통해 최종적인 class score과 bbox regressor를 얻을 수 있다.
- [0065] RoIAlign 과정을 통해 얻은 7x7 크기의 feature map을 mask branch에 전달한다. 이를 통해 14x14 크기의 feature map을 얻을 수 있고, 해당 feature map은 class별로 생성된 binary mask이다.
- [0066] 최종적으로 선정된 14x14 크기의 feature map을 원본 이미지의 mask와 비교하기 위해 리스케일 해주는 과정을 수행한다. 그리고 Mask R-CNN 네트워크를 위에서 언급한 multi-task loss function을 사용하여 학습하게 된다.
- [0067] 이와 같은 Mask R-CNN에 대한 알고리즘은 공지된 기술이므로 추가적인 구체적 설명은 생략한다.
- [0068] 다시 도 5를 참조하면, 감지 영역에서 시간에 따른 RGB 값 변화 분석 단계(S150)에서는 상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는데, 색 변화 영역 감지 및 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값 변화 분석을 수행하게 된다.
- [0069] 한편, RGB 값 변화 분석 단계에서는 상기 분석된 RGB 값 변화를 그래프 및 데이터 형태로 추출하여 제공할 수

있을 것이다.

- [0070] 이미지 분할(segmentation)에 많이 사용되는 기존 모델(Mask R-CNN)을 사용하면 색 변화 영역 감지는 가능하지만 수행하고자 하는 연구의 목표는 실험 영상(색 변화가 발생하기 전 구간도 포함) 전 구간에 대해 색 변화 영역 감지 및 RGB값 분석이 수행되어야 한다. 따라서 기존 모델을 사용할 경우 색 변화가 발생하지 않는 구간에서 영역 설정을 할 수 없어서 RGB값을 분석하지 못하는 한계가 있다. 이에 본 발명에서는 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 실험 영상 전 구간(색 변화가 발생하지 않는 구간을 포함)에서 영역 자동 감지 및 영역에서의 시간에 따른 RGB값 분석 및 결과 자동 산출을 위하여, Mask R-CNN을 통해 색 변화가 발생하는 전 구간에서 생성된 mask를 전부 모아서 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하여 실험 영상 전 구간에 적용하여 색 변화가 발생하지 않는 구간에서도 영역 설정이 가능하게 하며, 시간에 따른 RGB값 분석도 수행이 가능하게 하였다.
- [0071] 도 8은 본 발명에 따른 딥 러닝 알고리즘을 통해 색 변화 영역을 예측한 결과를 나타낸다.
- [0072] 도 8을 참조하면, (a)는 색 변화 예측 전을 나타내고, (b)는 예측 후를 나타낸다.
- [0073] 즉, 본 발명에서는 실험 영상, 즉 색 변화가 발생하지 않는 구간을 포함하는 색 변화 영상을 개발 알고리즘에 입력 값으로 설정해 준다. 딥러닝 알고리즘은 입력 값인 영상의 전 구간에서 색 변화 영역을 예측하는 데, 예측 단계에서는 색 변화가 발생하지 않는 구간에서는 영역 설정이 되지 않는다. 먼저, 색 변화가 예측된 구간에서의 영역 전부를 모아서 중첩되는 영역을 계산을 수행한다. 그리고 나서 중첩된 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하고, 실험 영상 전 구간에 적용해 주는 방식을 적용하는 것이다.
- [0074] 이를 통해 색 변화 영역이 발생하지 않는 구간에서 색 변화가 발생할 영역을 설정해줄 수 있게 된다.
- [0075] 이렇게 실험 영상 전 구간에 영역 설정을 해준 후 영역 안에서의 색 변화를 RGB값으로 분석해준다. 최종적으로 영역 안에서의 시간에 따른 RGB값을 데이터 및 그래프 형식으로 추출해 줄 수 있다.
- [0076] 도 9는 본 발명에 따른 딥 러닝 알고리즘을 통해 얻은 시간에 따른 RGB 값 분석 결과를 나타낸다.
- [0077] 본 발명의 다른 실시 형태에서, 본 발명은 색 변화 영상 분석 장치를 제공한다.
- [0078] 본 발명에 따른 딥러닝을 기반으로 한 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 영상 분석 장치는, 측정 장치 및 프로세서를 포함한다.
- [0079] 측정 장치는, 메카노포어 기반 폴리머 센서의 색 변화 및 변형률을 측정하기 위해, 고강도 집속 초음파(HIFU) 발생 장치와 상기 메카노포어 기반 폴리머 센서를 소정 위치 및 소정 거리로 고정하기 위한 3D 포지셔닝부를 포함한다.
- [0080] 프로세서는, 상기 측정 장치를 셋업하는 프로세스; 상기 측정 장치에 LED 조명을 조사하여 상기 폴리머 센서의 색 변화 영상을 색 변화가 일어나는 전 구간에 대해 영상 수신 장치를 통해 획득하는 프로세스; 상기 영상 수신 장치를 통해 획득한 전 구간에 대한 영상을 Mask R-CNN을 통해 상기 색 변화가 일어나는 전 구간에서 생성된 mask를 획득하는 프로세스; 상기 획득된 mask로부터 중첩되는 영역을 최종 색 변화 영역으로 설정하는 프로세스; 및 상기 색 변화 영역 감지 및 상기 감지된 영역 내에서의 시간에 따른 RGB 값의 변화를 분석하는 프로세스;를 수행한다.
- [0081] 한편, 본 발명은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다.
- [0082] 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다.
- [0083] 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0084] 본 발명에 따른 메카노포어 기반 폴리머 센서의 딥 러닝 알고리즘을 통해 실험 영상의 전 구간에서 색 변화 영역을 자동으로 감시할 수 있는 효과를 제공한다.
- [0085] 또한 본 발명에 따른 색 변화 영상 분석 방법은 색 변화가 발생하는 구간에서 생성된 예측 영역들의 중첩되는

영역을 최종 영역으로 설정하여 실험 영상 전구간에 적용해 줌. 이를 통해 색 변화가 발생하지 않는 구간도 포함되어 있는 실험 영상의 전 구간에 영역 설정이 가능한 효과가 있다.

[0086] 또한 본 발명에 따른 색 변화 영상 분석 방법은 자동으로 감지된 영역에서의 시간에 따른 RGB 변화를 분석하고 그 결과를 그래프 형태로 산출하여 제공할 수 있는 효과가 있다.

[0087] 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 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형을 꾀할 수 있다.

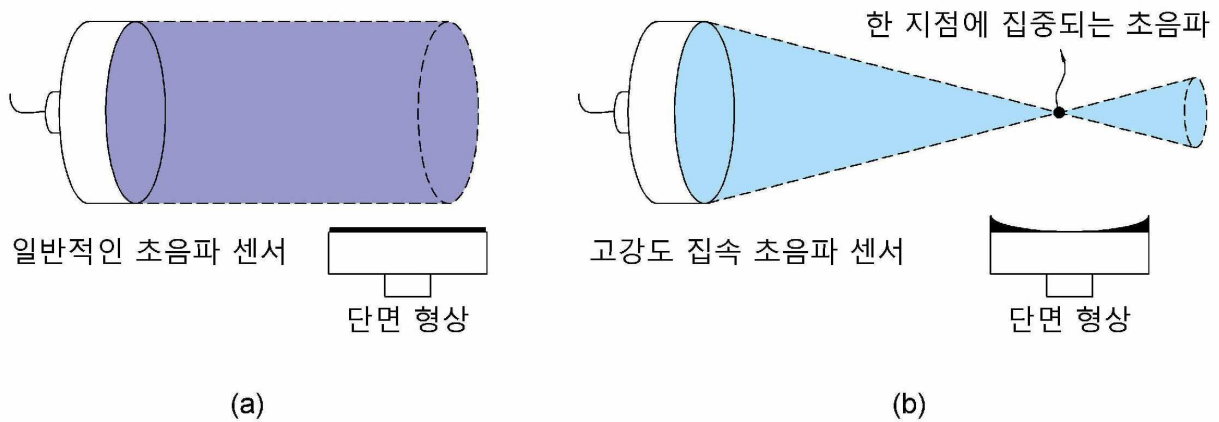
[0088] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위 뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하게 또는 등가적으로 변형된 모든 것들은 본 발명의 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

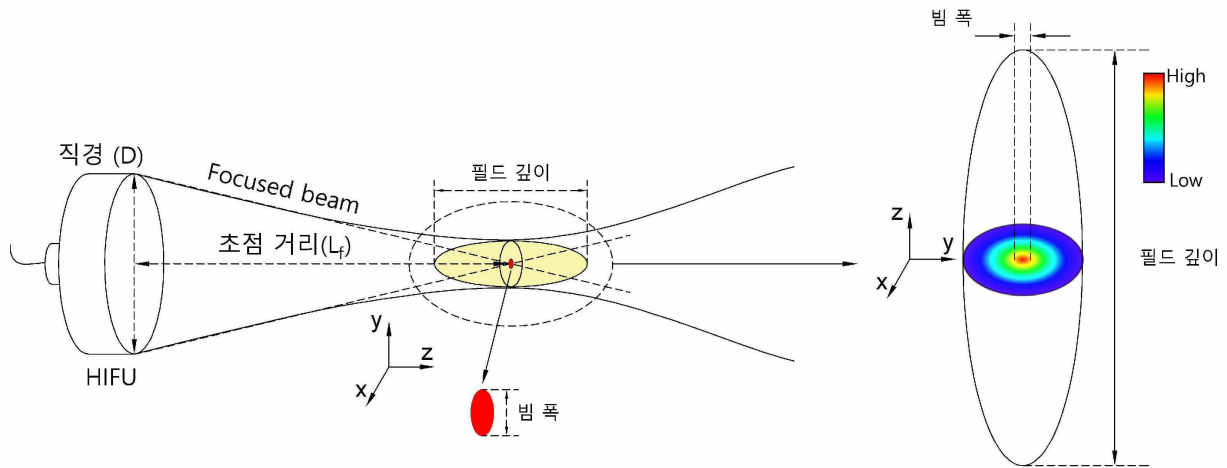
[0089] 100, 200: 색변화 측정 장치 110, 210: 수조
120, 220: HIFU 홀더부 130, 230: 폴리머 센서 홀더부
140, 240: 3D 포지셔닝부 150: 조명부
160, 260: 영상 수신장치 250: 레이저 조사부

도면

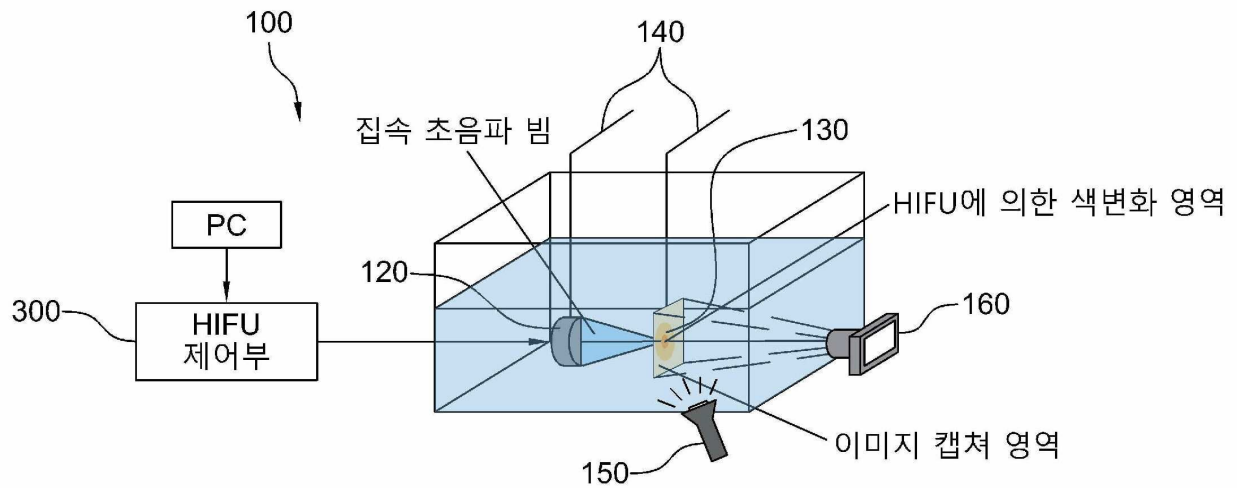
도면1



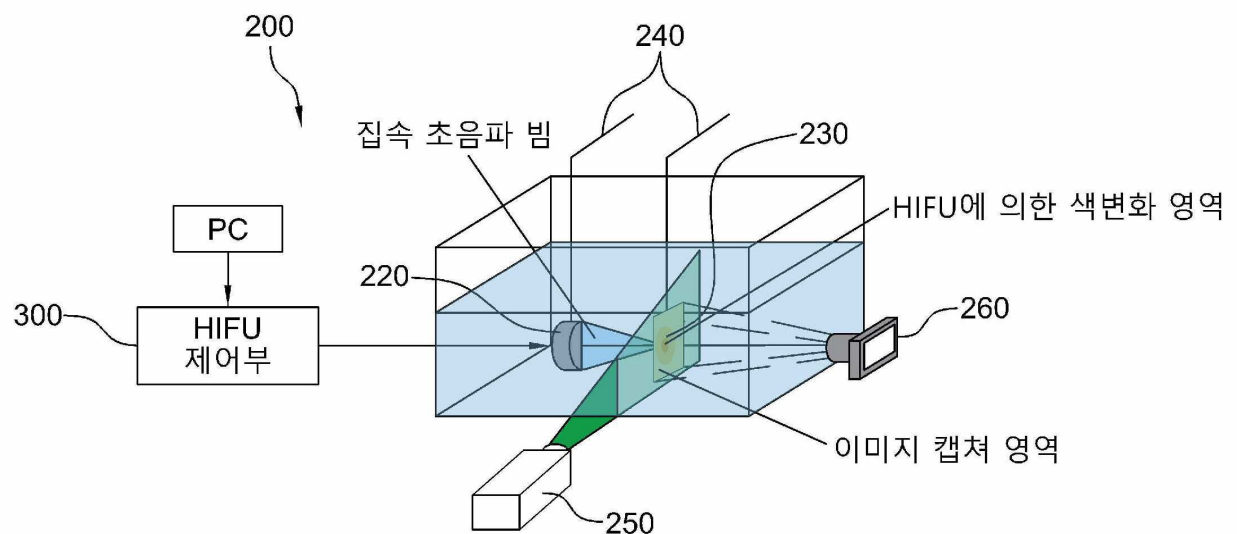
도면2



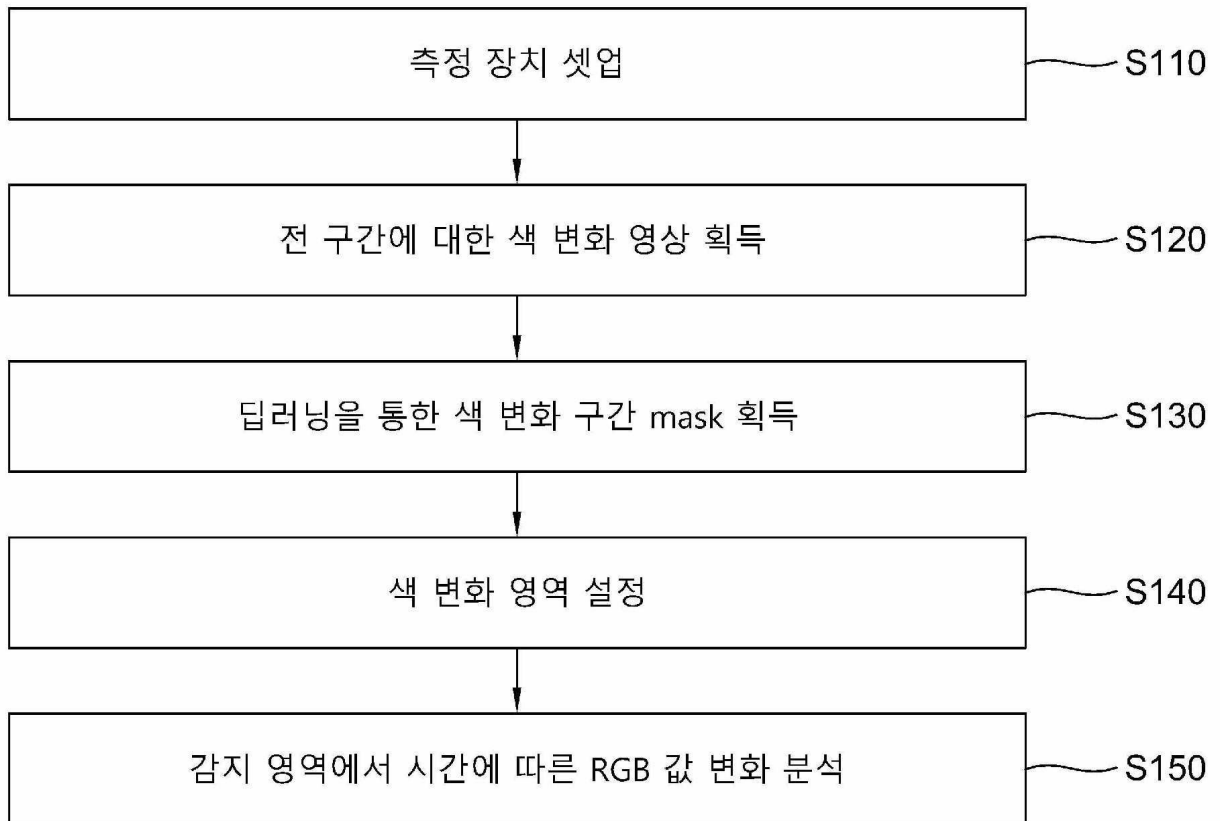
도면3



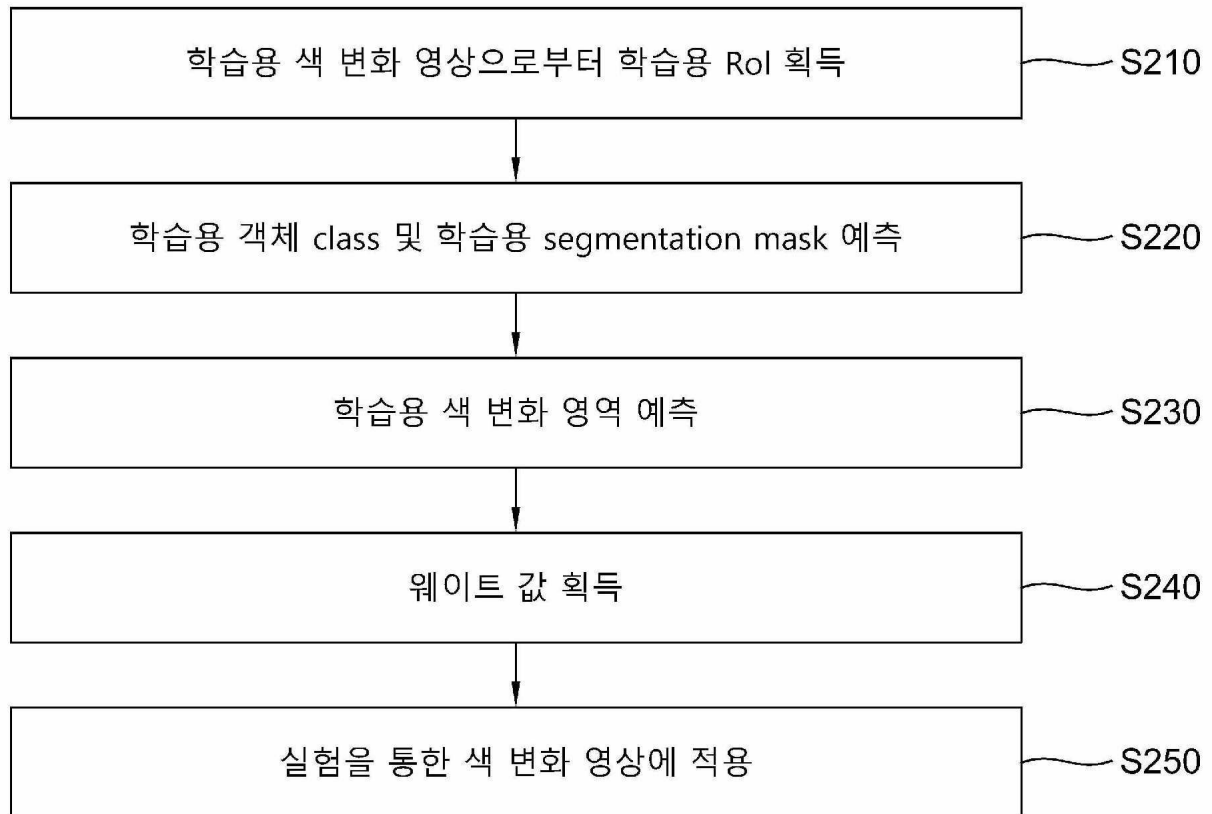
도면4



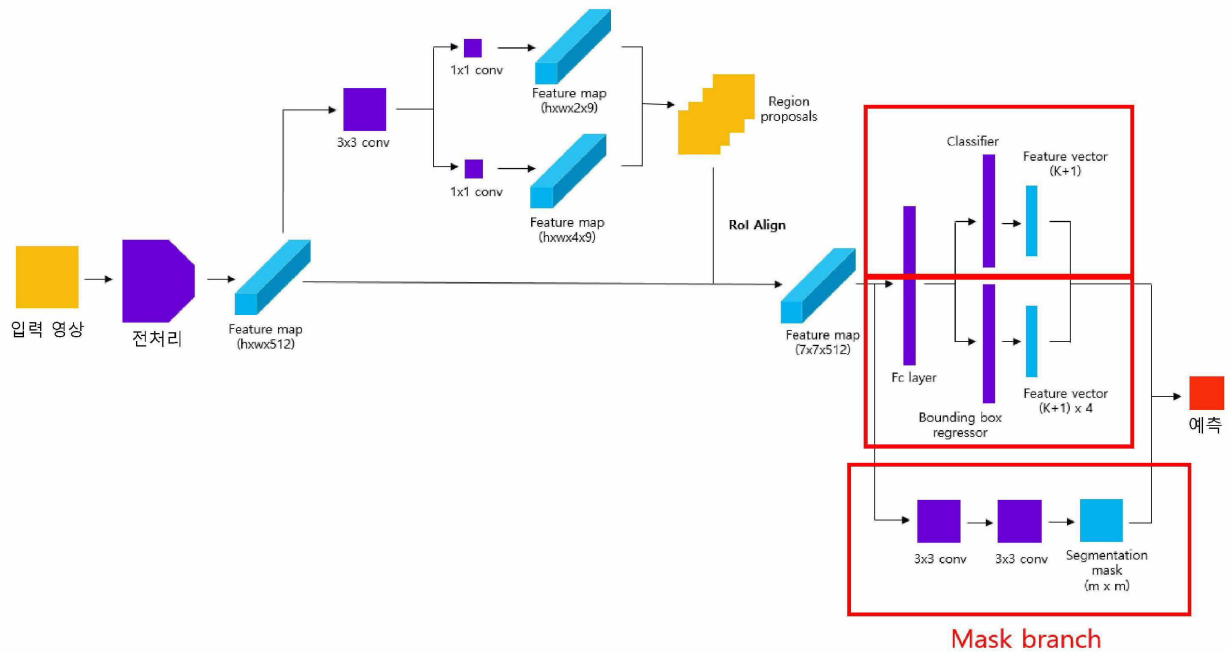
도면5



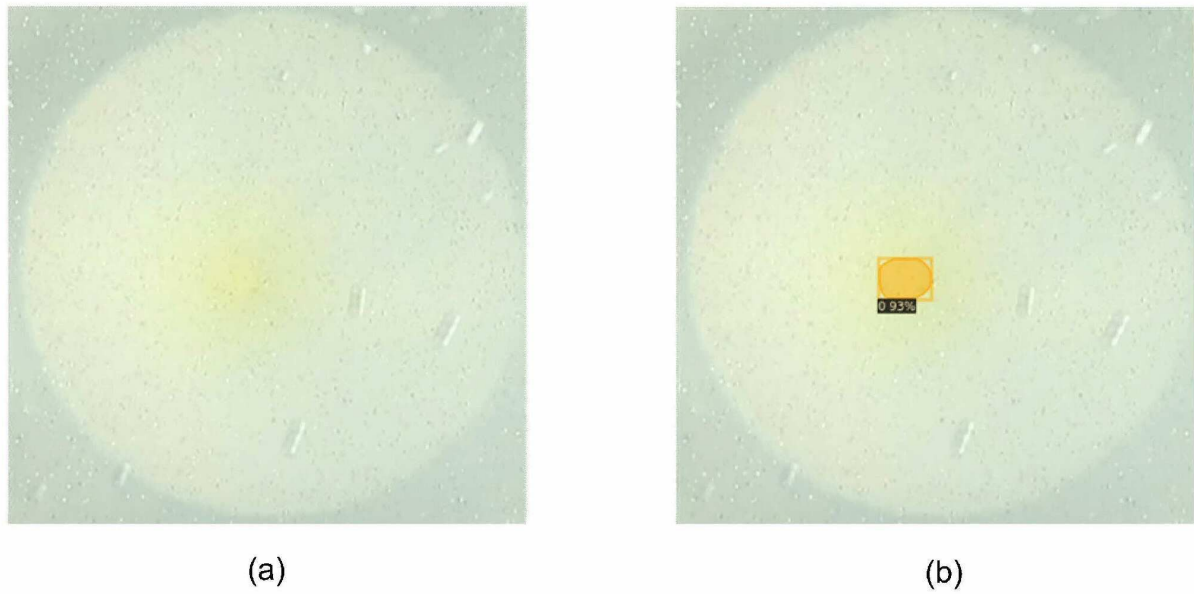
도면6



도면7



도면8



도면9

