



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0115024
(43) 공개일자 2023년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) G06T 3/40 (2006.01)
G06V 10/14 (2022.01) G06V 10/20 (2022.01)
H04N 25/53 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/001 (2013.01)
G06T 3/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0011498
(22) 출원일자 2022년01월26일
심사청구일자 2022년01월26일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
이정창
부산광역시 기장군 정관읍 모전1길 9, 304동 601호(정관동일스위트3차)
강정호
부산광역시 남구 황령대로492번길 18, 509호(대연동, 영 스퀘어)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

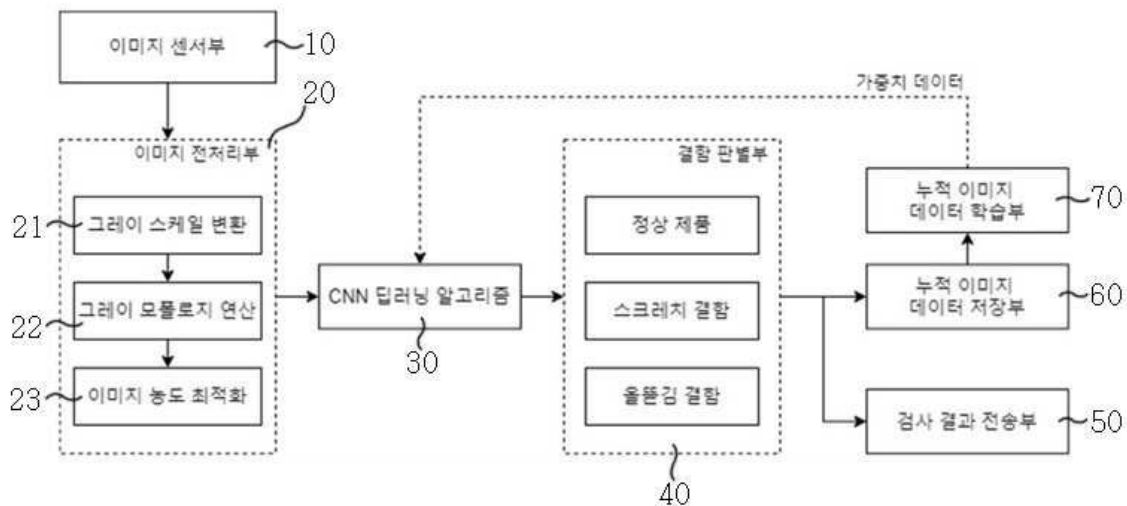
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법에 관한 것으로, 객체 이미지를 획득하는 이미지 센서부; 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morphology) 연산을 하고 이미지 최적화를 하는 이미지 전처리부; 이미지 전처리부로부터 최적화 이미지를 받아 객체 탐지를 하는 CNN 딥러닝부; 객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 결함 판별부; 결함 판별부에서의 검사 결과를 외부로 전송하는 검사 결과 전송부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G06V 10/14 (2023.01)

G06V 10/20 (2023.01)

H04N 25/531 (2023.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

G06T 2207/20084 (2013.01)

(72) 발명자

정기민

부산광역시 남구 수영로 324, 8층 B-805호(대연동,
리마크빌 대연)

백수연

부산광역시 남구 유엔평화로41번길 122 썬샤인 에
코시티 5차 302호(대연동)

김형준

부산광역시 부산진구 거제대로 37, 204동 2102호(
양정동, 현대아파트)

김현희

부산광역시 남구 분포로 113, 233동 1301호(
용호동, 엘지메트로시티)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1425157665
과제번호	S3038447
부처명	중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명	한국산학연합회
연구사업명	중소기업연구인력지원(R&D)
연구과제명	프로젝트기반 로봇융합 스마트제조 인력양성사업
기 여 율	1/1
과제수행기관명	부경대학교산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

객체 이미지를 획득하는 이미지 센서부;

입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하고 이미지 최적화를 하는 이미지 전처리부;

이미지 전처리부로부터 최적화 이미지를 받아 객체 탐지를 하는 CNN 딥러닝부;

객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 결함 판별부;

결함 판별부에서의 검사 결과를 외부로 전송하는 검사 결과 전송부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 결함 판별부에서 결함 판별이 이루어진 누적 이미지 데이터를 저장하는 누적 이미지 데이터 저장부와,

누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 누적 이미지 데이터 학습부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 이미지 센서부는,

주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 이미지 센서로 사용되는 카메라를 촬영 시 위에서 아래로 픽셀을 한 줄씩 스캔하며 촬영을 하는 롤링 셔터(Rolling Shutter) 방식의 카메라를 사용하고,

간접 조명 방식으로 빛을 고르게 분산시켜 균일하게 조사되도록 하기 위하여 타원형 돔 형상의 패널을 구비하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 이미지 전처리부는,

입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하는 그레이 스케일 변환부와,

그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 그레이 모폴로지 연산부와,

밝기 조정을 하여 이미지 최적화를 하는 이미지 농도 최적화부를 포함하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서, CNN 딥러닝부는,

각각의 결함을 정상 표면에 인위적으로 생성한 뒤 학습데이터 수를 늘리기 위해 imgaug 라이브러리를 이용하여 이미지 스케일의 축소 및 확대, 위치 이동, 회전, 대칭 변화를 주는 이미지 증강(Image Augmentation) 과정을 진행하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서, CNN 딥러닝부는,

특징 맵 크기를 키워나가면서 특징추출을 하는 동시에 손실된 위치 정보들을 skip connection으로 보충해서 스케일 변화에 강인한 특성을 갖는 1-Stage 방식의 객체 검출 알고리즘인 YOLOv3를 기반으로 하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 특징추출을 위한 백본 네트워크(Backbone Network)로 Darknet-53을 사용하고,

3×3 컨볼루션과 1×1 컨볼루션으로 이루어진 블록을 연속해서 쌓아가고,

MaxPooling 대신에 컨볼루션의 stride를 2로 취해주어 피쳐맵의 해상도를 줄여나가고,

skip connection을 활용하여 Residual 값을 전달하고 마지막 레이어에서 Average Pooling과 Fully Connected Layer를 통과한 뒤, Softmax를 거쳐 분류 결과를 출력하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템.

청구항 9

이미지 센서를 이용하여 객체 이미지를 획득하는 단계;

입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 단계;

그레이 모폴로지 연산이 수행된 이미지를 밝기 조정을 하여 이미지 최적화 작업을 거쳐 객체 탐지 딥러닝 네트워크 입력단으로 전송하는 단계;

객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 단계;

검사 결과를 출력하고, 누적 이미지 데이터를 저장하고 누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 단계에서,

객체 탐지 딥러닝 네트워크가 각각의 결함을 정상 표면에 인위적으로 생성한 뒤 학습데이터 수를 늘리기 위해 imgaug 라이브러리를 이용하여 이미지 스케일의 축소 및 확대, 위치 이동, 회전, 대칭 변환을 주는 이미지 증강(Image Augmentation) 과정을 진행하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 객체 탐지 딥러닝 네트워크는,

특징 맵 크기를 키워나가면서 특징추출을 하는 동시에 손실된 위치 정보들을 skip connection으로 보충해서 스케일 변화에 강인한 특성을 갖는 1-Stage 방식의 객체 검출 알고리즘인 YOLOv3를 기반으로 하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 특징추출을 위한 백본 네트워크(Backbone Network)로 Darknet-53을 사용하고,

3×3 컨볼루션과 1×1 컨볼루션으로 이루어진 블록을 연속해서 쌓아가고,

MaxPooling 대신에 컨볼루션의 stride를 2로 취해주어 피쳐맵의 해상도를 줄여나가고,

skip connection을 활용하여 Residual 값을 전달하고 마지막 레이어에서 Average Pooling과 Fully Connected Layer를 통과한 뒤, Softmax를 거쳐 분류 결과를 출력하는 것을 특징으로 하는 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비정형 결함 검출에 관한 것으로, 구체적으로 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 MZ 세대를 중심으로 제품 기획 및 생산에 참여하는 소비자를 뜻하는 '프로슈머(Prosumer)' 트렌드가 확산하고 있다. 프로슈머 개념을 처음 제안한 앨빈 토플러에 의하면, 프로슈머는 '제 2의 물결사회의 양측인 생산자와 소비자간의 경계가 허물어지면서 나타나게 될 생산자와 소비자를 합성한 말'이다.
- [0003] 구체적으로는 소비만 하는 수동적인 소비자에서 벗어나 앞으로는 유통과정 일부에 참여하여 소비자의 선호나 요구를 직접적으로 시장에 적용하는 소비자를 의미한다.
- [0004] 과거에는 기업들이 소비자들의 욕구를 파악해서 신제품을 개발하였는데, 이제는 소비자가 직접 신제품을 개발하는 현상이 나타나고 있다. 이러한 현상은 패션, 신발 업계에서도 프로슈머가 제품생산에 참여할 수 있도록 하는 시도를 하고 있다.
- [0005] 특히, 이러한 소비자의 개성이 반영된 다양한 제품의 주문 맞춤형 생산 체제를 구현하기 위해 신발 업계에서는 신발 자동화 공정 기술 개발에 박차를 가하고 있다.
- [0006] Life Cycle이 짧고 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산이 증가하는 추세에 따라 갑피 패턴 설계, 자동 직조 및 봉제 공정에 이르는 생산라인 자동화 기반 마련이 필요하다.
- [0007] 신발의 외형인 신발 갑피를 직조방식으로 생산 시 실시간으로 소비자가 원하는 디자인을 적용할 수 있다는 장점이 있지만, 실의 결함이나 기계의 변질 등으로 인해 원단 표면에 다양한 결함이 형성될 수 있다.
- [0008] 현재 섬유산업에서 도 1에서와 같이 직물 결함의 종류를 70여 가지로 정의하였다.
- [0009] 이러한 표면 결함은 불규칙적인 위치에 산발적으로 발생하고, 다양한 디자인과 패턴이 있는 제품에서의 비정형 결함의 경우 특징을 추출하는 것은 더욱 어렵다.
- [0010] 때문에, 신발 갑피 표면에 발생하는 결함을 자동으로 검출할 수 있는 자동 검사 시스템이 요구되고 있다.
- [0011] 제품의 자동 결함 검사를 하기 위해 머신비전(Machine Vision)이 적용되어 생산된 제품의 결함이나 기능상 결점 등을 이상 현상을 감지한다.
- [0012] 머신비전은 저장된 양품 이미지와 현재 생산된 제품 이미지와의 비교를 통해 정해진 기준값을 초과하면 불량품으로 판정한다.
- [0013] 이러한 룰베이스(Rule base) 기반의 기존 머신비전은 볼트와 같은 정형화된 제품 검사에는 적합하지만, 신발 갑피와 같은 유연한 소재나 제품 표면에 발생하는 비정형 결함의 검사에 대해서는 한계점이 존재한다.
- [0014] 따라서, 생산 제품 표면의 스크래치, 훼손, 얼룩과 같은 비정형 결함이나 섬유원단과 같은 유연한 소재에 대해서도 비전 검사를 하기 위해 머신비전에 딥러닝을 적용하는 시도가 활발하게 이루어지고 있다.
- [0015] 이러한, 직물 결함 탐지 알고리즘은 크게 전통적인 알고리즘과 학습기반 알고리즘 2가지 범주로 나뉜다.
- [0016] 전통적인 알고리즘에는 통계적, 스펙트럼, 모델기반 방법이 있고, 학습기반 알고리즘은 머신러닝 알고리즘과 딥러닝 알고리즘으로 나눌 수 있다.
- [0017] 그러나 이와 같은 종래 기술의 직물 결함 탐지 기술들은 계산 시간이 오래 걸리는 문제, 공간 영역에서의 로컬 정보 부족, 작은 결함에 대해 둔감하다는 문제, 최적화된 데이터셋 확보의 어려움 등의 문제가 있다.
- [0018] 따라서, 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 하는 새로운 직물 소재 결함 검출 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-2263716호
(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2021-0058329호
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 제10-2019-0063839호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0020] 본 발명은 종래 기술의 비정형 결함 검출 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0021] 본 발명은 동일한 환경에서 객체 이미지 취득이 가능한 테스트 베드 설계와 결함을 검출할 수 있는 CNN 딥러닝 객체 탐지 기법을 적용하여 직물 소재 신발 갑피의 결함을 효율적으로 검출할 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0022] 본 발명은 이미지의 거칠기나 패턴을 이용한 전처리 방식을 이용하지 않고, 그레이 스케일 및 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절 과정을 통해 신발 갑피의 배경 원단 색상과 결함 색상이 같거나 유사한 경우에도 적용할 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명은 머신 비전 시스템의 테스트 베드를 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서로 구성하여 검사하고자 하는 객체 이미지를 동일한 조건에서 획득하여 검사 신뢰성을 높일 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0024] 본 발명은 결함 검출 알고리즘에서 그레이 스케일, 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절로 구성된 이미지 전처리 과정과 CNN 기반의 이미지 딥러닝 기법을 거쳐 직물 소재 제품의 스크래치, 올뜯김 결함을 정확하게 검출할 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0025] 본 발명은 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템을 신발 갑피 품질 검사 공정에 적용하여 전체 생산 공정의 자동화율을 높이고, 신발 갑피뿐만 아니라 섬유 제품 전반으로 확장하여 적용할 수 있도록 한 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0027] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템은 객체 이미지를 획득하는 이미지 센서부; 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하고 이미지 최적화를 하는 이미지 전처리부; 이미지 전처리부로부터 최적화 이미지를 받아 객체 탐지를 하는 CNN 딥러닝부; 객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 결함 판별부; 결함 판별부에서의 검사 결과를 외부로 전송하는 검사 결과 전송부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 여기서, 결함 판별부에서 결함 판별이 이루어진 누적 이미지 데이터를 저장하는 누적 이미지 데이터 저장부와, 누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 누적 이미지 데이터 학습부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 그리고 이미지 센서부는, 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0030] 그리고 이미지 센서로 사용되는 카메라를 촬영 시 위에서 아래로 픽셀을 한 줄씩 스캔하며 촬영을 하는 롤링 셔터(Rolling Shutter) 방식의 카메라를 사용하고, 간접 조명 방식으로 빛을 고르게 분산시켜 균일하게 조사되도록 하기 위하여 타원형 돔 형상의 패널을 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 그리고 이미지 전처리부는, 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하는 그레이 스케일 변환부와, 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 그레이 모폴로지 연산부와, 밝기 조절을 하여 이미지 최적화를 하는 이미지 농도 최적화부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 그리고 CNN 딥러닝부는, 각각의 결함을 정상 표면에 인위적으로 생성한 뒤 학습데이터 수를 늘리기 위해 imgaug 라이브러리를 이용하여 이미지 스케일의 축소 및 확대, 위치 이동, 회전, 대칭 변화를 주는 이미지 증강(Image Augmentation) 과정을 진행하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 그리고 CNN 딥러닝부는, 특징 맵 크기를 키워나가면서 특징추출을 하는 동시에 손실된 위치 정보들을 skip connection으로 보충해서 스케일 변화에 강인한 특성을 갖는 1-Stage 방식의 객체 검출 알고리즘인 YOLOv3를 기반으로 하는 것을 특징으로 한다.
- [0034] 그리고 특징추출을 위한 백본 네트워크(Backbone Network)로 Darknet-53을 사용하고, 3×3 컨볼루션과 1×1 컨볼루션으로 이루어진 블록을 연속해서 쌓아가고, MaxPooling 대신에 컨볼루션의 stride를 2로 취해주어 피쳐맵의 해상도를 줄여나가고, skip connection을 활용하여 Residual 값을 전달하고 마지막 레이어에서 Average Pooling과 Fully Connected Layer를 통과한 뒤, Softmax를 거쳐 분류 결과를 출력하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법은 이미지 센서를 이용하여 객체 이미지를 획득하는 단계; 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 단계; 그레이 모폴로지 연산이 수행된 이미지를 밝기 조절을 하여 이미지 최적화 작업을 거쳐 객체 탐지 딥러닝 네트워크 입력단으로 전송하는 단계; 객체의 위치를 추정하기 위해서 특징맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 단계; 검사 결과를 출력하고, 누적 이미지 데이터를 저장하고 누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0036] 여기서, 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 결함을 판단하는 단계에서, 객체 탐지 딥러닝 네트워크가 각각의 결함을 정상 표면에 인위적으로 생성한 뒤 학습데이터 수를 늘리기 위해 imgaug 라이브러리를 이용하여 이미지 스케일의 축소 및 확대, 위치 이동, 회전, 대칭 변화를 주는 이미지 증강(Image Augmentation) 과정을 진행하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 그리고 객체 탐지 딥러닝 네트워크는, 특징 맵 크기를 키워나가면서 특징추출을 하는 동시에 손실된 위치 정보들을 skip connection으로 보충해서 스케일 변화에 강인한 특성을 갖는 1-Stage 방식의 객체 검출 알고리즘인 YOLOv3를 기반으로 하는 것을 특징으로 한다.
- [0038] 그리고 특징추출을 위한 백본 네트워크(Backbone Network)로 Darknet-53을 사용하고, 3×3 컨볼루션과 1×1 컨볼루션으로 이루어진 블록을 연속해서 쌓아가고, MaxPooling 대신에 컨볼루션의 stride를 2로 취해주어 피쳐맵의 해상도를 줄여나가고, skip connection을 활용하여 Residual 값을 전달하고 마지막 레이어에서 Average Pooling과 Fully Connected Layer를 통과한 뒤, Softmax를 거쳐 분류 결과를 출력하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0039] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0040] 첫째, 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한다.
- [0041] 둘째, 동일한 환경에서 객체 이미지 취득이 가능한 테스트 베드 설계와 결함을 검출할 수 있는 CNN 딥러닝 객체 탐지 기법을 적용하여 직물 소재 신발 갑피의 결함을 효율적으로 검출할 수 있도록 한다.
- [0042] 셋째, 이미지의 거칠기나 패턴을 이용한 전처리 방식을 이용하지 않고, 그레이 스케일 및 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절 과정을 통해 신발 갑피의 배경 원단 색상과 결함 색상이 같거나 유사한 경우에도 적용할 수 있도록 한다.

- [0043] 넷째, 머신 비전 시스템의 테스트 베드를 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서로 구성하여 검사하자고 하는 객체 이미지를 동일한 조건에서 획득하여 검사 신뢰성을 높일 수 있도록 한다.
- [0044] 다섯째, 결함 검출 알고리즘에서 그레이 스케일, 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절로 구성된 이미지 전처리 과정과 CNN 기반의 이미지 딥러닝 기법을 거쳐 직물 소재 제품의 스크래치, 올뜯김 결함을 정확하게 검출할 수 있도록 한다.
- [0045] 여섯째, 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템을 신발 갑피 품질 검사 공정에 적용하여 전체 생산 공정의 자동화율을 높이고, 신발 갑피뿐만 아니라 섬유 제품 전반으로 확장하여 적용할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0046] 도 1은 직물 결함의 종류를 나타낸 구성도
- 도 2는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 3은 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 구성 블록도
- 도 4는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이미지 전처리 과정의 전후의 이미지 비교 구성도
- 도 6a 내지 도 6c는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템에 적용되는 YOLO 네트워크 및 백본 네트워크 및 YOLOv3 구성도
- 도 7은 이미지 증강 작업을 통한 데이터 전처리 이미지의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 8은 본 발명에 따른 CNN 기반 머신 비전 시스템을 통한 비정형 결함 검출 결과의 일 예를 나타낸 구성도
- 도 9는 본 발명에 따른 CNN 기반 머신 비전 시스템을 통한 비정형 결함 검출 결과 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0047] 이하, 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0048] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0049] 도 2는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 일 예를 나타낸 구성도이고, 도 3은 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 구성 블록도이다.
- [0050] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법은 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한 것이다.
- [0051] 이를 위하여, 본 발명은 동일한 환경에서 객체 이미지 취득이 가능한 테스트 베드 설계와 결함을 검출할 수 있는 CNN 딥러닝 객체 탐지 기법을 적용하여 직물 소재 신발 갑피의 결함을 효율적으로 검출할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0052] 본 발명은 이미지의 거칠기나 패턴을 이용한 전처리 방식을 이용하지 않고, 그레이 스케일 및 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절 과정을 통해 신발 갑피의 배경 원단 색상과 결함 색상이 같거나 유사한 경우에도 적용할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0053] 본 발명은 머신 비전 시스템의 테스트 베드를 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서로 구성하여 검사하자고 하는 객체 이미지를 동일한 조건에서 획득하기 위한 구성을 포함할 수 있다.
- [0054] 본 발명은 결함 검출 알고리즘에서 그레이 스케일, 그레이 모폴로지, 이미지 농도 조절로 구성된 이미지 전처리 과정과 CNN 기반의 이미지 딥러닝 기법을 거쳐 직물 소재 제품의 스크래치, 올뜯김 결함을 검출하기 위한 구성을 포함할 수 있다.
- [0055] 이하의 설명에서 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템을 신발 갑피 품질 검사

공정에 적용하는 것을 일 예로 설명하였으나, 이로 제한되지 않고 섬유 제품 전반으로 확대 적용하여 비정형 결함을 검출할 수 있도록 하는 것은 당연하다.

- [0056] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템은 도 2 및 도 3에서와 같이, 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서를 이용하여 객체 이미지를 획득하는 이미지 센서부(10)와, 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하고 이미지 최적화를 하는 이미지 전처리부(20)와, 이미지 전처리부(20)로부터 최적화 이미지를 받아 객체 탐지를 하는 CNN 딥러닝부(30)와, 객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 정상 제품, 스크래치 결함, 올뜯김 결함을 판단하는 결함 판별부(40)와, 결함 판별부(40)에서의 검사 결과를 관리자 단말 등의 외부로 전송하는 검사 결과 전송부(50)와, 누적 이미지 데이터를 저장하는 누적 이미지 데이터 저장부(60)와, 누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 누적 이미지 데이터 학습부(70)를 포함한다.
- [0057] 여기서, 이미지 센서부(10)를 구성하는 카메라를 촬영 시 위에서 아래로 픽셀을 한 줄씩 스캔하며 촬영을 하는 롤링 셔터(Rolling Shutter) 방식의 카메라를 사용하고, 이로 한정되지는 않는다.
- [0058] 머신비전 시스템은 검체 자체를 분석하는 것이 아니라, 검체로부터 반사된 조명을 분석함으로써 영상을 생성한다. 따라서 검사하는 부품에서 조명이 어떻게 반사되는지에 따라 시스템의 성능이 좌우되기 때문에 조명은 머신비전 시스템의 핵심 요소이다.
- [0059] 직접 조명 방식으로 설계하는 경우에는 지향성 조명 특성으로 인해 압피 표면에 2개의 스팟이 발생하는 등 빛이 불균일하게 조사될 수 있어 본 발명의 일 실시 예에서는 간접 조명 방식으로 빛을 고르게 분산시켜 압피의 모든 부위에 빛이 균일하게 조사되도록 한다.
- [0060] 비교적 넓은 면적에 균일하게 빛이 조사되는 타원형 돔 형상의 패널을 구비하여 간접 조명으로 설계하는 것이 바람직하고 이로 한정되지 않는다.
- [0061] 그리고 이미지 전처리부(20)는 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하는 그레이 스케일 변환부(21)와, 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 그레이 모폴로지 연산부(22)와, 밝기 조정 등 이미지 최적화를 하는 이미지 농도 최적화부(23)를 포함한다.
- [0062] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0063] 도 4는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0064] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템의 제어 방법은 주변광을 차단하는 사이드 패널, 객체에 빛을 조사하기 위한 조명, 객체를 이미지화 하기 위한 이미지 센서를 이용하여 객체 이미지를 획득하는 단계(S401)와, 입력된 RGB 이미지를 그레이스케일로 변환하고 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산을 하는 단계(S402)와, 그레이 모폴로지 연산이 수행된 이미지를 밝기 조정 등 이미지 최적화 작업을 거쳐 객체 탐지 딥러닝 네트워크 입력단으로 전송하는 단계(S403)와, 객체의 위치를 추정하기 위해서 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하여 정상 제품, 스크래치 결함, 올뜯김 결함을 판단하는 단계(S404)와, 검사 결과를 전송하고, 누적 이미지 데이터를 저장하고 누적 이미지 데이터 학습을 하여 가중치 데이터를 CNN 딥러닝 알고리즘에 반영하는 단계(S405)를 포함한다.
- [0065] 본 발명은 압피 표면에 발생할 수 있는 미세 결함 검출을 위해 이미지 전처리를 수행한다.
- [0066] 비전 카메라를 통해 입력된 RGB 이미지는 그레이스케일로 변환된 다음 그레이 모폴로지(Gray Morpholog) 연산이 이루어진다.
- [0067] 모폴로지란 '형태학'이라는 의미로 영상처리에서는 객체의 형태를 변형시키거나 잡음을 제거하는 용도로 사용된다. 모폴로지 연산에는 침식, 팽창, 열기, 닫기 연산이 있다.
- [0068] 이 중 팽창 연산은 객체 외곽을 확대하는 연산으로, 객체 영역은 확대되고 배경 영역은 줄어든다. 이러한 특성으로 인해 신발 압피 이미지에 팽창 연산을 수행하면 스크래치 등 미세결함이 더 두드러지게 드러난다.
- [0069] 그레이 모폴로지 연산이 수행된 이미지는 밝기 조정 등 이미지 최적화 작업을 거치면 전처리 작업은 끝이 난다.

- [0070] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 이미지 전처리 과정의 전후의 이미지 비교 구성도이다.
- [0071] 도 5에서와 같이, 전처리 후 잡피 이미지에는 미세 스크래치가 육안으로도 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0072] 전처리가 끝난 이미지는 객체 탐지를 위한 CNN 딥러닝부(30)로 전달된다.
- [0073] 도 6a 내지 도 6c는 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템에 적용되는 YOLO 네트워크 및 백본 네트워크 및 YOLOv3 구성도이다.
- [0074] 도 6a에서와 같이, 잡피 표면에 발생하는 결함을 검출하기 위해 잡피 결함 검출 네트워크는 1-Stage방식의 객체 검출 알고리즘인 YOLOv3를 기반으로 설계한다.
- [0075] YOLO(You Only Look Once)는 이미지를 여러 개의 격자로 분할하고, 각 공간에서 객체를 대상으로 경계상자(Bounding box)와 클래스(Class)의 확률을 회귀문제(Regression problem)로 구성하는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)기반의 예측 방법이다.
- [0076] 예측과정에서 물체의 유무를 확인하여 위치를 검출하는 과정과 물체를 분류하는 인식의 과정을 동시에 수행한다.
- [0077] 그리고 도 6b에서와 같이, YOLOv3에서는 특징추출을 위한 백본 네트워크(Backbone Network)로 Darknet-53이 사용된다.
- [0078] Darknet-53은 이전 모델인 YOLOv2에서 사용된 Darknet-19 구조에 ResNet에서 제안된 skip connection 개념을 적용하여 레이어를 훨씬 더 많이 쌓은 구조를 가진다.
- [0079] 먼저 3×3 컨볼루션과 1×1 컨볼루션으로 이루어진 블록을 연속해서 쌓아간다. 그리고 MaxPooling 대신에 컨볼루션의 stride를 2로 취해주어 피쳐맵의 해상도를 줄여나간다. 또한, skip connection을 활용하여 Residual 값을 전달하고 마지막 레이어에서 Average Pooling과 Fully Connected Layer를 통과한 뒤, Softmax를 거쳐 분류 결과를 출력하게 된다.
- [0080] 그리고 객체의 위치를 추정하기 위해서 도 6c에서와 같이 3개의 특징 맵에서 정보를 얻어 객체를 검출하는데, SSD의 multi box detector와 RetinaNet의 Feature pyramid 방식과 유사하다.
- [0081] 작은 Feature map에서는 비교적 큰 물체를 잘 찾고 큰 Feature map에서는 작은 물체를 잘 찾는다는 것을 활용하여 사이즈가 다른 여러 Feature map에서 검출하여 종합하여 처리하는 방식이다.
- [0082] Feature map을 줄여나가면서 물체를 인식하는 CNN에서는 크기가 작은 객체의 Feature가 사라져 성능의 문제가 있었다. 때문에, YOLOv3에서는 이러한 점을 보완하기 위해 특징 맵 크기를 키워나가면서 높은 수준의 특징추출을 하는 동시에 손실된 위치 정보들을 skip connection으로 보충해서 스케일 변화에 강한 구조로 되어있다.
- [0083] 이러한 네트워크 구조는 신발 잡피 표면의 미세한 결함 검출에도 적합하다.
- [0084] 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법을 적용한 결함 검출 특성을 설명하면 다음과 같다.
- [0085] 도 7은 이미지 증강 작업을 통한 데이터 전처리 이미지의 일 예를 나타낸 구성도이다.
- [0086] 생산 공정 중 잡피에 발생할 확률이 높은 스크래치 결함과 올뜯김 결함에 대해서 검출하는 것을 일 예로 설명한다.
- [0087] 각각의 결함에 대해 정상 잡피 표면에 인위적으로 생성한 뒤 학습데이터 수를 늘리기 위해 도 7에서와 같이 imgaug 라이브러리를 이용하여 이미지 스케일의 축소 및 확대, 위치 이동, 회전, 대칭 변화를 주는 이미지 증강(Image Augmentation) 과정을 진행한다.
- [0088] 전체 이미지 1260장 중 60%는 스케일 변화와 회전 변화를 주었고 30%는 위치 이동 변화를 주었다. 나머지 10%는 좌우 및 상하 반전 변화를 주었다.
- [0089] 스케일 변화의 경우 기존 이미지 대비 최대 확대/축소비율을 $\pm 50\%$ 로 설정하였고, 회전 변화의 경우 최대 회전 각도를 $\pm 45^\circ$ 로 설정하였다. 위치 이동 변화는 x, y축 각각 최대 $\pm 15\%$ 로 설정하였다.
- [0090] 딥러닝 학습과 성능평가를 위해 사용된 데이터셋의 구성은 표 1에서와 같다.

표 1

	Train	Validation	Test	Total
Scratch	1000장 (79%)	250장 (20%)	10장 (1%)	1260장
Tearing	1000장 (79%)	250장 (20%)	10장 (1%)	1260장

[0091]

[0092]

성능 평가는 Ubuntu 18.04 OS 환경하에서 진행하였으며, CPU에서 전처리와 GPU 가속기에서 데이터 학습을 진행하기 위해 Intel 社의 i7-9700 CPU와, NVIDIA 社의 Geforce RTX 2080Ti 2대를 사용하였다. 개발 언어는 C++을 기반으로 하는 YOLOv3 모델을 사용하였다. YOLOv3의 백본 네트워크인 Darknet-53에서 설정한 하이퍼 파라미터는 표 2에서와 같다.

표 2

Parameter	Value
Batch Size	64
Number of epochs	5000
Learning Rate	0.001
Neural network optimizer	Adam

[0093]

[0094]

도 8은 본 발명에 따른 CNN 기반 머신 비전 시스템을 통한 비정형 결함 검출 결과의 일 예를 나타낸 구성도이고, 도 9는 본 발명에 따른 CNN 기반 머신 비전 시스템을 통한 비정형 결함 검출 결과 그래프이다.

[0095]

테스트 이미지로 실험을 진행한 결과 갑피에 결함이 있을 경우 YOLO 딥러닝 알고리즘은 도 8에서와 같이 해당 결함의 위치와 인식 정확도를 결과 이미지에 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0096]

학습 모델의 성능 분석 결과 도 9에서와 같이 2개의 클래스 평균 정확도 지표인 mAP가 86%으로 분석되었다.

[0097]

이와 같이 본 발명은 YOLO 딥러닝 알고리즘을 적용하여 갑피 표면에 발생할 수 있는 비정형 스크래치와 올뜯김 결함을 검출할 수 있고, 이미지 전처리 과정으로 그레이 모폴로지의 팽창 연산을 적용함으로써 갑피 표면에 발생하는 미세결함에 대해서도 식별 및 검출 가능한 것을 확인하였다.

[0098]

또한, 비정형화된 결함을 검출하기 위해 객체 탐지 딥러닝 알고리즘인 YOLO 알고리즘을 적용함으로써 미세한 결함의 위치 정보 손실 없이 검출할 수 있도록 한다.

[0099]

이상에서 설명한 본 발명에 따른 비정형 결함 검출을 위한 CNN 기반 머신 비전 시스템 및 이의 제어 방법은 다양한 디자인 및 색상이 적용된 제품의 생산 공정에 적용하여 유연하고 정확한 품질 검사가 이루어질 수 있도록 한 것으로, 동일한 환경에서 객체 이미지 취득이 가능한 테스트 베드 설계와 결함을 검출할 수 있는 CNN 딥러닝 객체 탐지 기법을 적용하여 식물 소재 신발 갑피의 결함을 효율적으로 검출할 수 있도록 한 것이다.

[0100]

이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0101]

그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 진술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0102]

- | | |
|--------------|--------------|
| 10. 이미지 센서부 | 20. 이미지 전처리부 |
| 30. CNN 딥러닝부 | 40. 결함 판별부 |

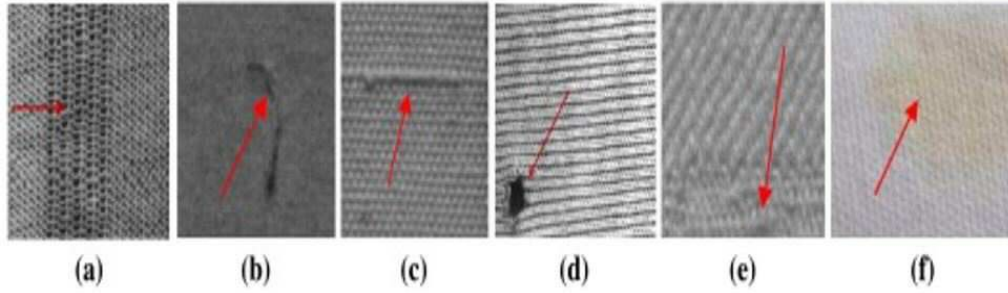
50. 검사 결과 전송부

60. 누적 이미지 데이터 저장부

70. 누적 이미지 데이터 학습부

도면

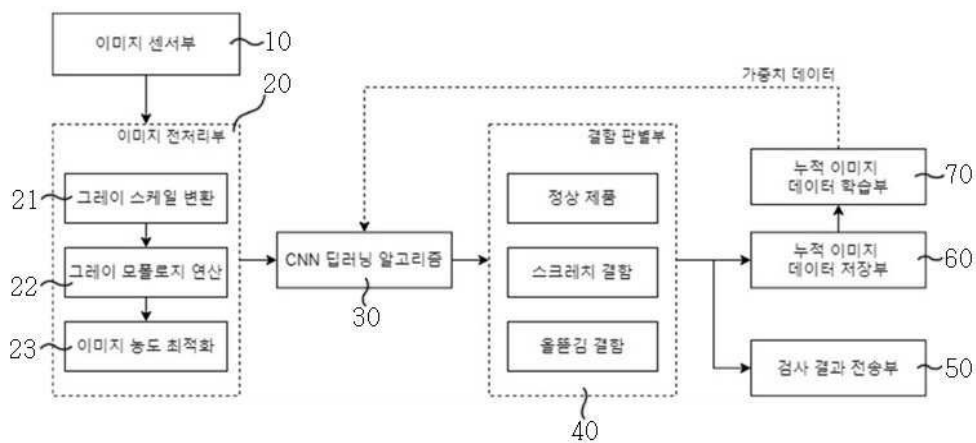
도면1



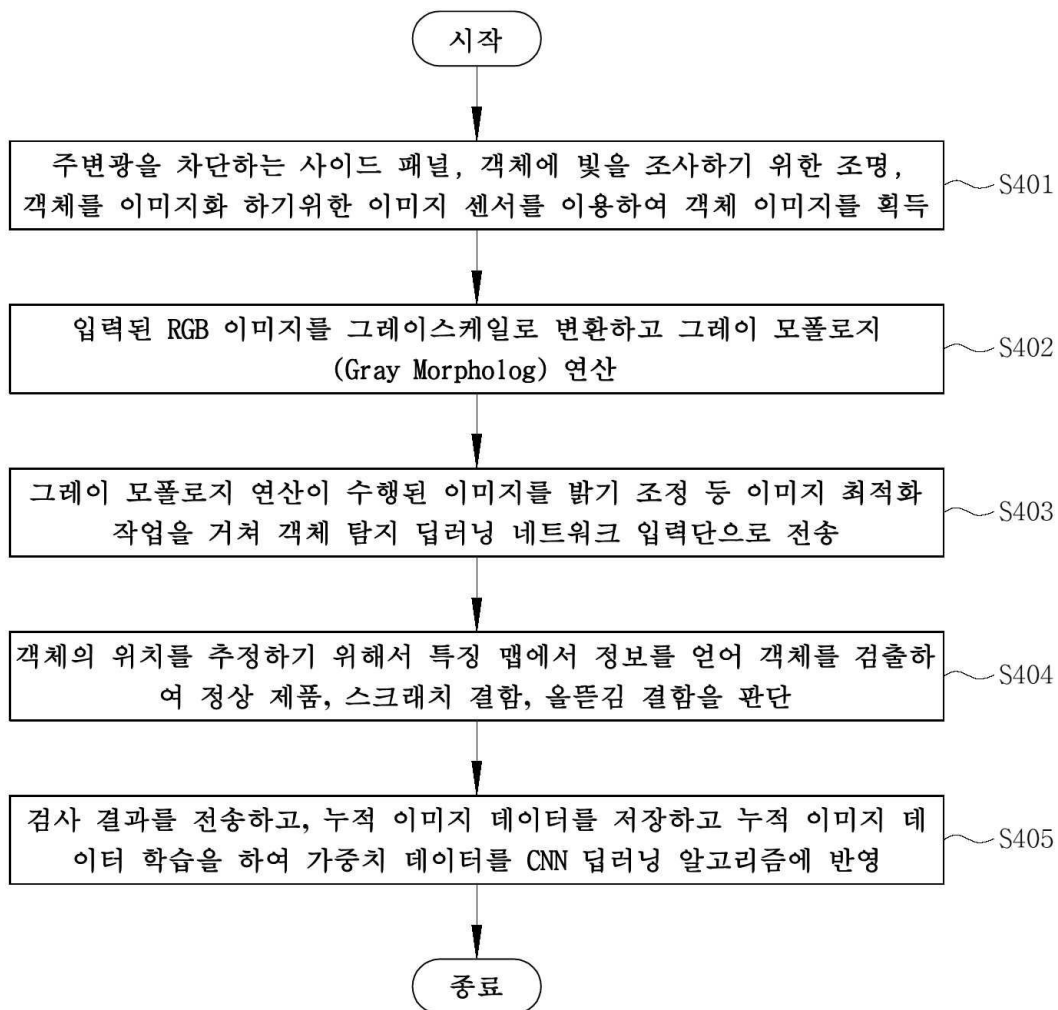
도면2



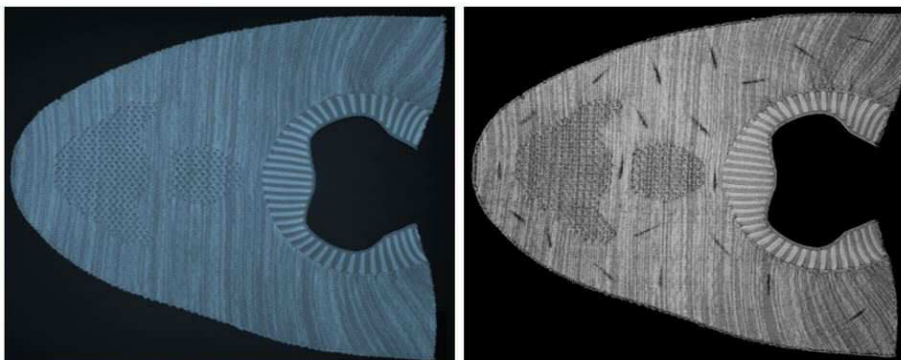
도면3



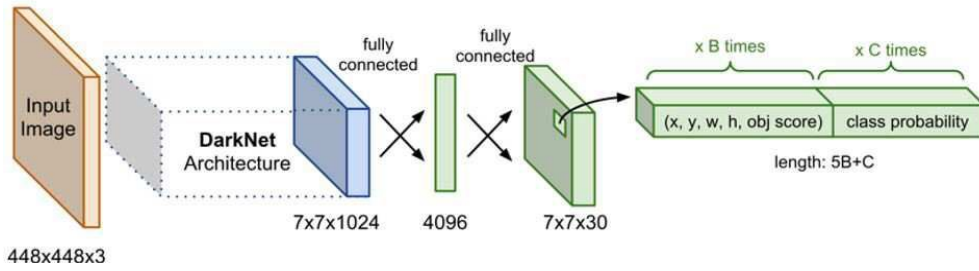
도면4



도면5



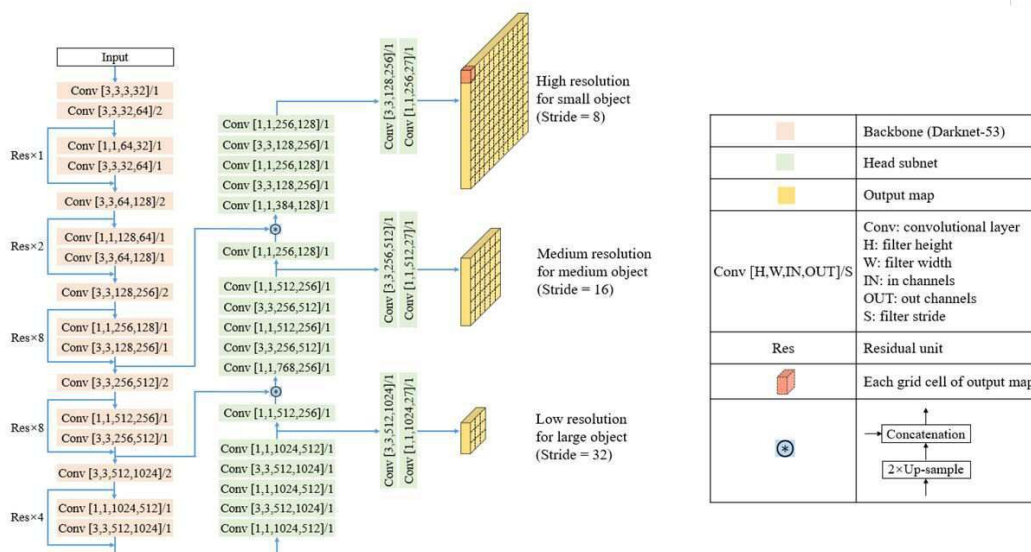
도면6a



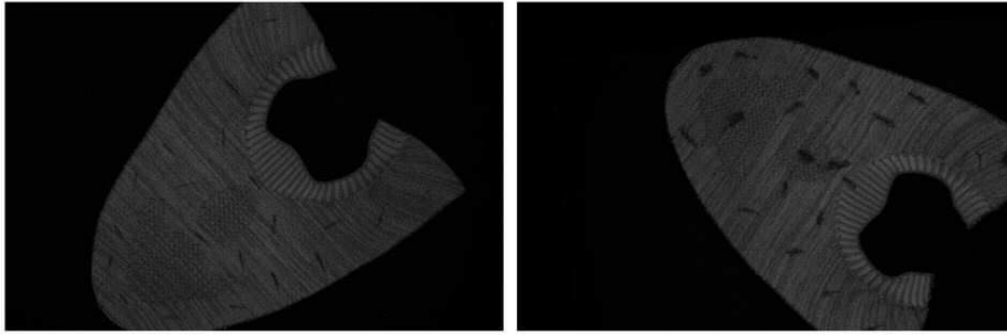
도면6b

	Type	Filters	Size	Output
1x	Convolutional	32	3 × 3	256 × 256
	Convolutional	64	3 × 3 / 2	128 × 128
	Convolutional	32	1 × 1	
	Convolutional	64	3 × 3	
	Residual			128 × 128
2x	Convolutional	128	3 × 3 / 2	64 × 64
	Convolutional	64	1 × 1	
	Convolutional	128	3 × 3	
8x	Residual			64 × 64
	Convolutional	256	3 × 3 / 2	32 × 32
	Convolutional	128	1 × 1	
	Convolutional	256	3 × 3	
8x	Residual			32 × 32
	Convolutional	512	3 × 3 / 2	16 × 16
	Convolutional	256	1 × 1	
	Convolutional	512	3 × 3	
4x	Residual			16 × 16
	Convolutional	1024	3 × 3 / 2	8 × 8
	Convolutional	512	1 × 1	
	Convolutional	1024	3 × 3	
	Residual			8 × 8
	Avgpool		Global	
	Connected		1000	
	Softmax			

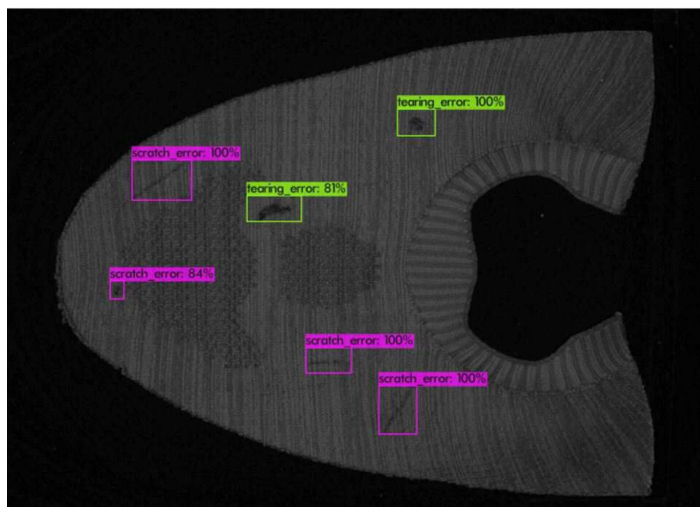
도면6c



도면7



도면8



도면9

