



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0041330
(43) 공개일자 2021년04월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B62D 65/02 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
G06T 7/80 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B62D 65/028 (2013.01)
B62D 65/026 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0123901
(22) 출원일자 2019년10월07일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
현대자동차주식회사
서울특별시 서초구 헌릉로 12 (양재동)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
기아 주식회사
서울특별시 서초구 헌릉로 12 (양재동)
(72) 발명자
황태문
전라북도 전주시 덕진구 세병로 41, 405동 105호
(송천동2가, 에코시티 데시앙 4블럭) /55148
정동하
경기도 의왕시 철도박물관로 37
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

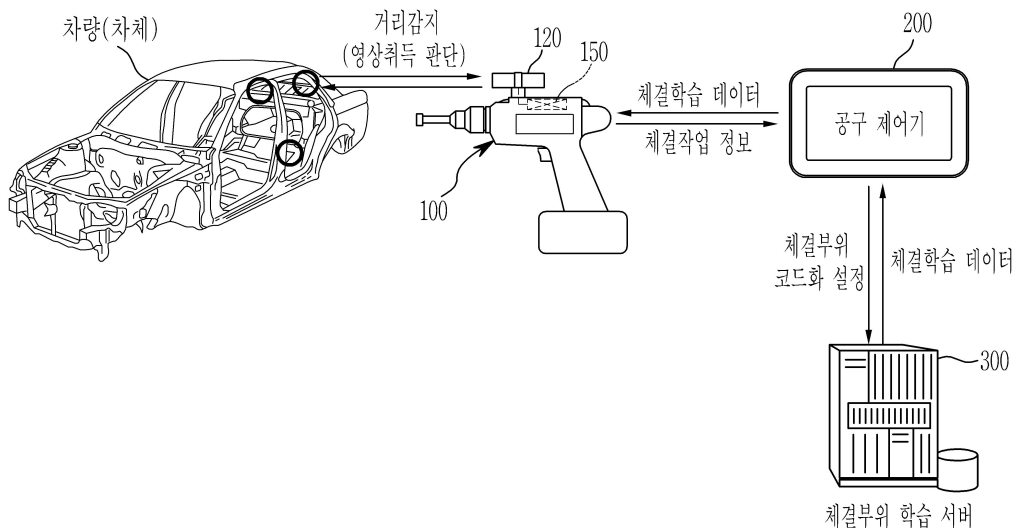
(54) 발명의 명칭 체결공구 시스템 및 그 제어 방법

(57) 요약

체결공구 시스템 및 그 제어 방법이 개시된다.

본 발명의 실시 예에 따른, 동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구 시스템은, 체결공구에 장착되어 부품의 체결부위를 촬영하는 카메라부, 거리측정센서를 통해 측정된 상기 체결부위와의 거리가 일정 거리 이내이면 상기 카메라부에서 촬영된 영상을 입력하는 영상 입력부, 무선통신수단을 통해 외부와 데이터를 송수신하는 통신부 및 상기 카메라부의 입력영상에 대한 기계학습 알고리즘 기반 영상분류작업을 통해 상기 체결부위를 인식하고, 인식된 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 설정하는 체결부위 판단부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2019.01)

G06T 7/80 (2017.01)

G06T 2207/30248 (2013.01)

(72) 발명자

송병철

서울특별시 양천구 목동서로 38, 125동 307호(
목동, 목동신시가지아파트1단지)

최동윤

충청남도 서산시 고북면 고북1로 299, 204호

명세서

청구범위

청구항 1

동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구 시스템에 있어서,
 체결공구에 장착되어 부품의 체결부위를 촬영하는 카메라부;
 거리측정센서를 통해 측정된 상기 체결부위와의 거리가 일정 거리 이내이면 상기 카메라부에서 촬영된 영상을 입력하는 영상 입력부;
 무선통신수단을 통해 외부와 데이터를 송수신하는 통신부; 및
 상기 카메라부의 입력영상에 대한 기계학습 알고리즘 기반 영상분류작업을 통해 상기 체결부위를 인식하고, 인식된 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 설정하는 체결부위 판단부;
 를 포함하는 체결공구 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 카메라부는
 적외선 광원을 포함하는 NIR(near infrared)카메라로 구성되는 체결공구 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 거리측정센서는
 상기 카메라부에서 촬영되는 영상의 중심에 레이저 포인트를 조사하도록 위치가 세팅되는 체결공구 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 체결부위 판단부는
 CNN(Convolutional Neural Network) 알고리즘 기반으로 학습된 차량사양정보에 따른 부품의 체결부위별 대표 모델 영상이 설정된 체결학습 데이터를 활용하여 상기 영상분류작업을 실시하는 체결공구 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 체결부위 판단부는 상기 입력영상을 상기 영상분류작업에 활용하기 위한 전처리 작업으로써,
 다양한 각도를 갖는 상기 입력영상을 상기 대표 모델 영상과 정합시키는 영상 회전 정합 작업;
 히스토그램 평활화(Histogram equalization) 작업을 통해 상기 입력영상의 밝기를 보정하는 작업; 및
 상기 입력영상에 존재하는 공구 소켓 영상을 마스킹 처리하는 공구 마스킹 작업;
 을 수행하는 체결공구 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 영상 회전 정합 작업은

상기 입력영상의 중심을 기준으로 원형의 외곽부를 마스킹 처리하고, HOG(histogram of gradient) 알고리즘을 이용한 상기 입력영상의 지역별 기울기 분포의 통계치에 따른 기울기 각도를 계산한 후 상기 기울기 각도를 상기 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 회전하여 정합시키는 과정을 포함하는 체결공구 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 체결부위 판단부는

상기 입력영상의 기울기 각도를 고려하여 복수로 지정된 대표 모델 영상 중 가까운 방향으로 회전하여 정합시키는 체결공구 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 체결부위 판단부는

상기 전처리 작업이 완료된 동일한 체결부위의 비디오 입력영상에 대하여 CNN 알고리즘의 모델 영상을 이용한 영상분류작업을 통해 추론과정을 거쳐 체결부위를 추정하는 체결공구 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 체결부위 판단부는

상기 추론과정에서 상기 비디오 입력영상에 대하여 연속적으로 출력되는 체결부위의 클래스(class) 확률 값 중에서 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스의 체결부위를 선택하고, 선택된 확률 값이 기준비율을 초과하면 상기 토크 값을 가변 설정하는 체결공구 시스템.

청구항 10

제5항에 있어서,

상기 체결부위 판단부는

체결공구에 장착된 디스플레이를 통해 상기 체결부위의 정보와 토크 값을 출력하는 체결공구 시스템.

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 체결부위 판단부는

상기 카메라부를 통해 획득된 차량의 바코드나 큐알 코드 영상에서 차량사양정보를 인식하는 태그 인식프로그램을 포함하는 체결공구 시스템.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

사전에 다양한 부품의 체결부위에 대한 학습데이터를 구축하고 CNN 알고리즘을 통해 학습하여 상기 체결학습 데이터를 생성하는 체결부위 학습 서버; 및

상기 체결부위 학습 서버와 연동하여 상기 부품의 체결부위를 코드화하고, 상기 체결부위의 코드에 토크 값이 매칭된 상기 체결학습 데이터를 상기 체결공구로 전송하는 공구 제어기;

를 더 포함하는 체결공구 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 체결부위 학습 서버는

동일한 체결부위에 대하여 다양한 회전각도에서 촬영된 영상 중 2가지 회전방향에 대한 두 개의 대표 모델 영상이 180도 간격으로 지정된 회전 정합 알고리즘을 생성하는 체결부위 학습부; 및

상기 체결학습 데이터의 체결부위의 코드 정보에 토크 값을 매칭하여 저장하는 데이터베이스;

를 포함하는 체결공구 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 체결부위 학습부는

상기 두 개의 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 학습된 모델 영상을 생성하여 상기 CNN 알고리즘 기반의 체결 학습 데이터에 적용하고, 추가 학습을 통해 업데이트하는 체결공구 시스템.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 공구 제어기는

상기 체결공구로부터 체결작업 이력 데이터에서 수신하여 상기 체결부위의 영상분류작업 실패하거나 상기 영상 분류작업에 성공한 체결부위의 추론 시의 확률 값이 상한 기준 비율 미만으로 낮으면 추가 학습데이터로 누적한 후 상기 체결부위 학습 서버로 전송하는 체결공구 시스템.

청구항 16

동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구의 제어 방법에 있어서,

- a) 체결공구에 장착된 카메라부를 통해 부품의 체결부위를 촬영하는 단계;
- b) 상기 카메라부에서 촬영된 입력영상을 회전하여 소정 대표 모델 영상과 정합시키는 전처리 작업 단계;
- c) 상기 전처리 작업이 완료된 동일한 체결부위의 상기 입력영상에 대하여 CNN 알고리즘 기반의 영상분류작업을 통한 추론과정을 거쳐 상기 체결부위를 추정하는 단계; 및
- d) 상기 체결부위의 추론 시 확률 값이 설정된 기준 비율을 초과하면 인식에 성공한 것으로 판단하고, 인식된 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 설정하는 단계;

를 포함하는 체결공구의 제어 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 전처리 작업 단계는

상기 입력영상의 중심을 기준으로 원형의 외곽부를 마스크 처리하는 단계;

HOG(histogram of gradient) 알고리즘을 이용한 상기 입력영상의 지역별 기울기 분포의 통계치에 따른 기울기 각도를 계산하는 단계; 및

상기 기울기 각도를 상기 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 회전하여 정합시키는 영상 회전 정합 단계;

를 포함하는 체결공구의 제어 방법.

청구항 18

제16항 또는 제17항에 있어서,

상기 전처리 작업 단계는

히스토그램 평활화(Histogram equalization) 작업을 통해 상기 입력영상의 밝기를 보정하는 영상 밝기 보정 단

계; 및

상기 입력영상에 존재하는 공구 소켓 영상을 마스킹 처리하는 공구 영상 마스킹 단계;

를 더 포함하는 체결공구의 제어 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

상기 c) 단계는,

상기 추론과정에서 입력영상에의 이전 프레임에서 출력된 확률 값을 누적 후 평균화하고, 상기 입력영상에 대하여 연속적으로 출력되는 체결부위의 클래스와 그 확률 값 중에서 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스(class)의 체결부위를 선택하는 단계를 포함하는 체결공구의 제어 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 d) 단계는,

상기 확률 값이 설정된 기준 비율 이하로 낮아 수동으로 토크 값이 설정된 경우 체결작업 직전에 일정 시간 동안 촬영된 영상을 추가 학습데이터로 저장하는 단계를 포함하는 체결공구의 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 체결공구 시스템 및 그 제어 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 차량에 적용되는 부품의 체결을 위한 체결공구 시스템 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 차량 공장에서는 생산라인마다 차체에 적용되는 다양한 부품을 조립하기 위하여 체결부위와 체결조건에 맞는 다양한 체결공구를 활용하여 작업하고 있다.

[0003] 이를 위해 작업자는 부품의 체결부위에 따라 적합한 체결공구와 토크 값을 숙지하고 해당 토크 값을 갖는 체결공구로 교체하면서 작업하거나 체결공구에 장착된 조작 버튼을 통해 토크 값을 수동으로 변경하면서 작업을 수행하여야 한다.

[0004] 그러나, 작업자가 체결공구를 교체하면서 작업하는 경우 작업의 효율성이 저하될 수 있으며 다양한 체결공구 관리의 어려움과 유지 비용이 과다하게 발생하는 문제점이 있다. 또한, 하나의 체결공구로 토크 값을 변경하면서 작업을 수행하는 경우 작업자가 각 부품의 체결부위별 적합한 토크 값을 정확히 숙지하지 못하면 휴먼에러가 발생하여 제품의 품질에 악영향을 주는 문제점이 있다.

[0005] 이러한 문제점들을 개선하기 위하여 종래에는 체결공구의 토크 값을 자동으로 변경하기 위한 다양한 기술들이 개발되어 있다.

[0006] 예컨대, 소켓 셀렉터 방식은 작업자가 홀더에 배치된 소켓을 체결공구에 교체 시 홀더 내 센서의 감지를 통하여 사전에 세팅된 토크가 체결공구에 설정되는 기술이다. 그러나, 소켓 셀렉터 방식의 경우 소켓을 교체하지 않고 자동 소켓을 이용하는 경우 토크 값의 변경이 불가하며 작업자가 홀더를 지속적으로 핸들링 해야 하므로 작업이 용이하지 않은 단점이 존재한다.

[0007] 또한, GPS 기반 체결공구 토크 변경 기술의 경우 3차원으로 설정된 좌표로 공구를 이동하는 경우 해당 위치에 세팅된 토크 값으로 설정하는 방법이다. 그러나, 이러한 경우 작업위치가 크게 변화하지 않는 동일 위치에서는 토크 변경이 불가하며 일반적인 공구대비 고가의 투자비용이 필요하고 유지보수 작업이 증가하는 단점이 있다.

[0008] 따라서, 종래의 체결공구의 문제점 및 단점들을 개선하여 작업의 효율성 향상, 유지 비용 절감 및 부품의 체결 상태를 보증할 수 있는 방안이 요구된다.

[0009] 이 배경기술 부분에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 증진하기 위하여 작성된 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 실시 예는 체결공구의 카메라에서 촬영된 부품의 입력영상을 기계학습 알고리즘을 통해 분류하여 체결부위를 인식하고 그 체결부위에 매칭된 토크 값을 가변 설정하는 체결공구 시스템 및 그 제어 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 측면에 따르면, 동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구 시스템은, 체결공구에 장착되어 부품의 체결부위를 촬영하는 카메라부; 거리측정센서를 통해 측정된 상기 체결부위와의 거리가 일정 거리 이내이면 상기 카메라부에서 촬영된 영상을 입력하는 영상 입력부; 무선통신수단을 통해 외부와 데이터를 송수신하는 통신부; 및 상기 카메라부의 입력영상에 대한 기계학습 알고리즘 기반 영상분류작업을 통해 상기 체결부위를 인식하고, 인식된 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 설정하는 체결부위 판단부를 포함한다.

[0012] 또한, 상기 카메라부는 적외선 광원을 포함하는 NIR(near infrared)카메라로 구성될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 거리측정센서는 상기 카메라부에서 촬영되는 영상의 중심에 레이저 포인트를 조사하도록 위치가 세팅될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 체결부위 판단부는 CNN(Convolutional Neural Network) 알고리즘 기반으로 학습된 차량사양정보에 따른 부품의 체결부위별 대표 모델 영상이 설정된 체결학습 데이터를 활용하여 상기 영상분류작업을 실시할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 체결부위 판단부는 상기 입력영상을 상기 영상분류작업에 활용하기 위한 전처리 작업으로써, 다양한 각도를 갖는 상기 입력영상을 상기 대표 모델 영상과 정합시키는 영상 회전 정합 작업; 히스토그램 평활화(Histogram equalization) 작업을 통해 상기 입력영상의 밝기를 보정하는 작업; 및 상기 입력영상에 존재하는 공구 소켓 영상을 마스킹 처리하는 공구 마스킹 작업을 수행할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 영상 회전 정합 작업은, 상기 입력영상의 중심을 기준으로 원형의 외곽부를 마스킹 처리하고, HOG(histogram of gradient) 알고리즘을 이용한 상기 입력영상의 지역별 기울기 분포의 통계치에 따른 기울기 각도를 계산한 후 상기 기울기 각도를 상기 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 회전하여 정합시키는 과정을 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 체결부위 판단부는 상기 입력영상의 기울기 각도를 고려하여 복수로 지정된 대표 모델 영상 중 가까운 방향으로 회전하여 정합시킬 수 있다.

[0018] 또한, 상기 체결부위 판단부는 상기 전처리 작업이 완료된 동일한 체결부위의 비디오 입력영상에 대하여 CNN 알고리즘의 모델 영상을 이용한 영상분류작업을 통해 추론과정을 거쳐 체결부위를 추정할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 체결부위 판단부는 상기 추론과정에서 상기 비디오 입력영상에 대하여 연속적으로 출력되는 체결부위의 클래스(class) 확률 값 중에서 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스(class)의 체결부위를 선택하고, 선택된 확률 값이 기준비율을 초과하면 상기 토크 값을 가변 설정할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 체결부위 판단부는 체결공구에 장착된 디스플레이를 통해 상기 체결부위의 정보와 토크 값을 출력할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 체결부위 판단부는 상기 카메라부를 통해 획득된 차량의 바코드나 큐알 코드 영상에서 차량사양정보를 인식하는 태그 인식프로그램을 포함할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 체결공구 시스템은, 사전에 다양한 부품의 체결부위에 대한 학습데이터를 구축하고 CNN 알고리즘을 통해 학습하여 상기 체결학습 데이터를 생성하는 체결부위 학습 서버; 및 상기 체결부위 학습 서버와 연동하여 상기 부품의 체결부위를 코드화하고, 상기 체결부위의 코드에 토크 값이 매칭된 상기 체결학습 데이터를 상기 체결공구로 전송하는 공구 제어기를 더 포함할 수 있다.

- [0023] 또한, 상기 체결부위 학습 서버는 동일한 체결부위에 대하여 다양한 회전각도에서 촬영된 영상 중 2가지 회전방향에 대한 두 개의 대표 모델 영상이 180도 간격으로 지정된 회전 정합 알고리즘을 생성하는 체결부위 학습부; 및 상기 체결학습 데이터의 체결부위의 코드 정보에 토크 값을 매칭하여 저장하는 데이터베이스를 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 체결부위 학습부는 상기 두 개의 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 학습된 모델 영상을 생성하여 상기 CNN 알고리즘 기반의 체결학습 데이터에 적용하고, 추가 학습을 통해 업데이트할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 공구 제어기는 상기 체결공구로부터 체결작업 이력 데이터에서 수신하여 상기 체결부위의 영상분류작업 실패하거나 상기 영상분류작업에 성공한 체결부위의 추론 시의 확률 값이 상한 기준 비율 미만으로 낮으면 추가 학습데이터로 누적한 후 상기 체결부위 학습 서버로 전송할 수 있다.
- [0026] 한편, 본 발명의 일 측면에 따른 동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구의 제어 방법은, a) 체결공구에 장착된 카메라부를 통해 부품의 체결부위를 촬영하는 단계; b) 상기 카메라부에서 촬영된 입력영상을 회전하여 소정 대표 모델 영상과 정합시키는 전처리 작업 단계; c) 상기 전처리 작업이 완료된 동일한 체결부위의 상기 입력영상에 대하여 CNN 알고리즘 기반의 영상분류작업을 통한 추론과정을 거쳐 상기 체결부위를 추정하는 단계; 및 d) 상기 체결부위의 추론 시 확률 값이 설정된 기준 비율을 초과하면 인식에 성공한 것으로 판단하고, 인식된 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 설정하는 단계를 포함한다.
- [0027] 또한, 상기 전처리 작업 단계는 상기 입력영상의 중심을 기준으로 원형의 외곽부를 마스킹 처리하는 단계; HOG(histogram of gradient) 알고리즘을 이용한 상기 입력영상의 지역별 기울기 분포의 통계치에 따른 기울기 각도를 계산하는 단계; 및 상기 기울기 각도를 상기 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 회전하여 정합시키는 영상 회전 정합 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 전처리 작업 단계는 히스토그램 평활화(Histogram equalization) 작업을 통해 상기 입력영상의 밝기를 보정하는 영상 밝기 보정 단계; 및 상기 입력영상에 존재하는 공구 소켓 영상을 마스킹 처리하는 공구 영상 마스킹 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 c) 단계는, 상기 추론과정에서 상기 입력영상에의 이전 프레임에서 출력된 확률 값을 누적 후 평균화하고, 상기 입력영상에 대하여 연속적으로 출력되는 체결부위의 클래스와 그 확률 값 중에서 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스(class)의 체결부위를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 d) 단계는, 상기 확률 값이 설정된 기준 비율 이하로 낮아 수동으로 토크 값이 설정된 경우 체결작업 직전에 일정 시간 동안 촬영된 영상을 추가 학습데이터로 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 실시 예에 따르면, 작업자가 체결부위에 적합한 토크 값을 숙지하지 않더라도 체결공구에 부가된 영상기반 기계학습 알고리즘을 통해 체결부위 인식 및 토크 값 변경을 자동으로 수행함으로써 작업의 효율성 향상 및 하나의 체결공구 운용에 따른 관리 유지비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.
- [0032] 또한, 체결공구의 학습데이터로 이용되는 입력영상들을 대표 모델 영상과 회전 정합 작업을 수행하여 분류 난이도를 감소시킬 수 있으며, 동시에 밝기보상 및 불필요한 영상을 마스킹하는 전처리 작업을 통해 입력영상을 분류함으로써 CNN 알고리즘을 경량화할 수 있는 효과가 있다.
- [0033] 또한, 작업자의 체결작업 시 인식 확률이 낮은 체결부위 영상을 추가 학습데이터로 수집하여 학습 및 체결학습 데이터 업데이트를 수행함으로써 작업자의 성향에 적응적으로 학습 모델 영상을 생성할 수 있으며 체결부위에 대한 분류성능과 체결보증 성능을 지속적으로 강화할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템의 세부 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 CNN 알고리즘을 통해 사전 체결학습 데이터 생성 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 학습 부품별 체결부위 분류 및 코드화 예시를 나타낸다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 CNN 알고리즘의 경량화를 위한 대표 모델 영상 지정 예시를 나타낸다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구의 제어 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 영상 회전 정합 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 공구 영상 마스킹 작업을 설명하기 위한 예시 영상을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0036] 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 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0037] 명세서 전체에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결된다'거나 '접속된다'고 언급되는 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결된다'거나 '직접 접속된다'고 언급되는 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 아니하는 것으로 이해되어야 할 것이다.
- [0038] 이제 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템 및 그 제어 방법에 대하여 도면을 참조로 하여 상세하게 설명한다.
- [0039] 일반적으로 기계학습 기반 영상인식 알고리즘의 경우 동일한 학습데이터가 충분히 획득된 상황에서 우수한 영상인식 성능을 보인다. 이에 최근 영상의 다양한 조명환경, 형태 및 촬영각도의 변화에도 강인하게 작동할 수 있는 성능의 영상인식 알고리즘이 개발되고 있다. 그러나 이러한 영상인식 알고리즘의 경우 다양한 환경에 대하여 강인하게 개선된 성능을 보이는 만큼 큰 연산량을 가져야 하므로 하드웨어와 학습데이터가 방대하게 늘어나는 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 경량화된 알고리즘이 개발되고 있으나 성능에 대한 안정성이 다소 떨어지는 상충관계가 있다. 따라서, 경량화된 알고리즘에서 다양한 환경을 극복하기 위해서는 낮은 연산량의 전처리 기법 적용이 필요하다.
- [0040] 또한, 기존의 기계학습 기반 영상인식 알고리즘의 경우 사전에 준비된 학습데이터를 이용하여 모델을 학습하고 추론과정에서 고정된 성능을 갖는 모델을 지속적으로 사용한다. 그러나 인간이 직접 데이터셋을 구성하여 이용하는 경우 데이터셋의 질을 보장할 수 없다. 또한, 특정 상황에 대하여 학습데이터가 부족한 경우에는 해당 상황에서는 성능이 저하될 수 있으며 지속적으로 낮은 성능을 보이는 상황이 발생한다. 따라서, 이를 해결하기 위한 학습데이터의 보충과 기계학습 알고리즘의 모델 업데이트 방안에 대한 방법이 필요하다.
- [0041] 이에 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템은 체결공구에 장착된 카메라를 통해 촬영된 부품의 체결부위 영상을 경량화된 기계학습 알고리즘의 학습 모델을 이용하여 파악하고 이에 매칭된 체결공구의 토크 값을 자동으로 가변 설정하는 것을 목적으로 한다.
- [0042] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸다.
- [0043] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템의 세부 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0044] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 시스템은 체결공구(100), 공구 제어기(200) 및 체결부위 학습 서버(300)를 포함한다.
- [0045] 체결공구(100)는 장착된 카메라부에서 취득한 영상을 기계학습(Machine Learning) 알고리즘을 통해 분석하여 부품의 체결부위를 인식하고 상기 체결부위에 매칭된 토크 값을 자동으로 가변 설정한다.
- [0046] 공구 제어기(200)는 체결공구(100)와 무선통신으로 연결되어 체결작업에 따른 체결부위 인식 및 토크 세팅 정보를 수집한다.

- [0047] 체결부위 학습 서버(300)는 사전에 부품의 체결부위별 영상의 학습데이터를 기계학습 기반의 알고리즘을 통해 학습하여 체결부위 인식 및 토크 값 설정을 위한 체결학습 데이터를 생성하고 이를 체결공구(100)가 활용하도록 설정한다.
- [0048] 이하, 체결공구 시스템의 각 구성을 좀더 구체적으로 설명한다.
- [0049] 체결공구(100)는 카메라부(110), 영상 입력부(120), 통신부(130), 디스플레이(140) 및 체결부위 판단부(150)를 포함한다.
- [0050] 이외에 체결공구(100)는 소켓이 체결되는 공구, 모터, 배터리 및 조작기 등을 포함하는 동력을 이용하여 부품을 체결하는 체결공구로서의 공지된 구성에 대한 설명은 생략하도록 한다.
- [0051] 카메라부(110)는 체결공구(100)의 일측에 장착되어 부품의 체결부위를 촬영한다.
- [0052] 카메라부(110)는 작업환경의 다양한 조명환경에 영향을 받지 않고 영상을 획득하기 위하여 NIR(near infrared) 카메라가 적용될 수 있으며 적외선 광원을 포함한다. 다만, 카메라부(110)는 상기 NIR 카메라에 한정되지 않고 필요에 따라 공지된 다양한 적외선 카메라가 적용될 수 있다.
- [0053] 영상 입력부(120)는 거리측정센서(121)를 통해 체결부위와의 거리를 측정하고 상기 거리가 일정 거리 이내로 가까워지면 카메라부(110)에서 촬영된 영상을 체결부위 판단부(150)로 전송한다. 상기 거리측정센서(121)는 카메라부(110)에서 촬영되는 영상의 중심에 레이저 포인트를 조사하도록 위치가 세팅될 수 있으며, 이를 통해 정확한 체결부위의 영상을 획득하기 위한 작업자의 체결공구(100) 핸들링(조준) 위치를 안내할 수 있다.
- [0054] 통신부(130)는 무선통신수단을 통해 공구 제어기(200)와 연결되어 데이터를 송수신한다. 통신부(130)는 블루투스나 무선랜 등의 근거리 무선통신수단을 통해 공구 제어기(200)와 연결될 수 있다.
- [0055] 디스플레이(140)는 체결공구(100)의 구동에 따라 생성되는 정보를 표출한다.
- [0056] 디스플레이(140)는 작업자 조작으로 입출력이 가능한 터치스크린으로 구성될 수 있다.
- [0057] 체결부위 판단부(150)는 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구(100)가 영상 기반 체결부위 인식에 따른 토크 값을 가변설정하기 위한 상기 각부의 전반적인 동작을 제어하며, 이를 위한 적어도 하나의 프로세서와 메모리에 저장된 프로그램 및 데이터를 포함한다.
- [0058] 체결부위 판단부(150)는 카메라부(110)에서 입력된 영상에 대한 기계학습(Convolutional Neural Network, CNN) 알고리즘 기반 영상분류작업을 통해 부품의 체결부위를 인식하고, 인식된 상기 체결부위의 코드에 매칭된 체결공구(100)의 토크 값으로 토크 세팅을 변경한다.
- [0059] 이때, 체결부위 판단부(150)는 체결부위 학습 서버(300)에서 CNN 알고리즘 기반으로 학습된 차량사양정보에 따른 부품의 체결부위별 대표 모델 영상이 설정된 체결학습 데이터를 저장하고, 이를 활용하여 상기 영상분류작업을 실시하는 것을 특징으로 한다.
- [0060] 체결부위 판단부(150)는 작업자가 확인할 수 있도록 체결공구(100)에 장착된 디스플레이를 통해 체결부위 정보와 토크 값을 출력하고, 체결공구(100)는 변경된 토크 값으로 체결작업을 수행할 수 있다.
- [0061] 또한, 체결부위 판단부(150)는 태그 인식프로그램을 더 포함하여, 카메라부(110)를 통해 획득된 바코드나 큐알코드 영상에서 차량사양정보를 인식한다. 이를 통해 해당 공정라인에 투입된 차종, 부품사양 및 부품 내 작업범위에 맞는 체결학습 데이터를 선택적으로 활용하여 적응적 영상분류작업을 할 수 있다.
- [0062] 공구 제어기(200)는 체결공구(100)의 체결부위별 가변 토크 설정기능을 관리하기 위한 프로그램이 설치된 정보통신 단말기로 구성될 수 있으며, 예컨대, 테블릿 PC, 스마트폰 및 노트북으로 구성될 수 있다.
- [0063] 공구 제어기(200)는 체결부위 학습 서버(300)와의 연동으로 부품의 체결부위를 코드화하고, 체결부위의 코드에 적합한 토크 값이 매칭된 체결부위별 체결학습 데이터를 체결공구(100)로 제공한다. 즉, 공구 제어기(200)는 체결부위별 체결학습 데이터를 체결공구(100)로 전송하여 체결부위 판단부(150)의 체결부위 판단 및 가변 토크 값 설정을 위한 데이터로 저장시킬 수 있다.
- [0064] 여기서, 상기 체결학습 데이터는 체결부위 학습 서버(300)에서 CNN 알고리즘 기반으로 학습된 차량사양정보에 따른 체결부위 인식을 위한 대표 모델 영상과 이에 매칭된 토크 값을 포함한다. 공구 제어기(200)는 해당 체결공구(100)가 적용된 공정라인, 차량사양정보, 작업범위 및 체결부위를 구분하고 이에 맞는 체결학습 데이터 만

을 체결부위 학습 서버(300)로부터 수집 및 제공함으로써 체결공구(100)의 영상분류작업을 단순화하고 불필요한 연산 및 영상분류작업을 감소시킬 수 있다.

- [0065] 또한, 공구 제어기(200)는 체결부위 학습 서버(300)로부터 주기적 혹은 비주기적으로 상기 체결학습 데이터가 업데이트되면 체결공구(100)로 전송하여 체결부위 판단부(150)를 업데이트 시킬 수 있다.
- [0066] 또한, 공구 제어기(200)는 부품의 체결 작업 시 체결공구(100)에서 수집된 다양한 각도의 체결부위의 영상 및 그 인식정보를 누적하고 체결부위 학습 서버(300)로 전송할 수 있다.
- [0067] 체결부위 학습 서버(300)는 공장 내 공정라인 별로 배치된 체결공구(100)와 공구 제어기(200)를 운용을 지원하기 위한 컴퓨팅 시스템으로써, 이를 위한 적어도 하나의 프로세서, 메모리 및 통신수단을 포함하는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구성될 수 있다.
- [0068] 체결부위 학습 서버(300)는 체결부위 학습부(310) 및 데이터베이스(320)를 포함한다.
- [0069] 체결부위 학습부(310)는 체결공구(100)에 영상기반 부품의 체결부위 인식기능을 부여하기 위하여 사전에 다양한 부품에 대한 학습데이터를 구축하고 기계학습 기반의 알고리즘인 CNN 알고리즘을 통해 학습하여 체결학습 데이터를 생성한다.
- [0070] 예컨대, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 CNN 알고리즘을 통해 사전 체결학습 데이터 생성 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0071] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 학습 부품별 체결부위 분류 및 코드화 예시를 나타낸다.
- [0072] 도 3 및 도 4를 참조하면, 체결부위 학습 서버(300)의 체결부위 학습부(310)는 차량의 사양에 따라 적용되는 부품 별 학습이 필요한 체결부위를 분류한다(S1).
- [0073] 예컨대, 체결부위 학습부(310)는 도 4의 예시와 같이, 클러치 커버, 전장 박스 및 엔진마운팅 인슐레이터 체결에 필요한 각 체결부위(A~L, M~V, W~X)를 분류하고 이를 각각 식별할 수 있도록 코드가 설정될 수 있다.
- [0074] 체결부위 학습부(310)는 각 부품 별로 작업자가 체결 작업을 수행해야 하는 모든 체결부위에 대하여 실시간 비디오 영상을 촬영하여 사전 학습데이터 DB를 구축한다(S20).
- [0075] 이 때, 상기 사전 학습데이터는 상기 체결부위를 중심으로 체결공구(100)를 회전하면서 촬영된 다양한 회전각도의 영상으로 생성될 수 있다. 또한, 상기 사전 학습데이터는 상기 체결공구(100)의 기울기도 변화되면서 촬영될 수 있고 상기 체결부위와의 거리가 0~10cm 범위로 변화되면서 다양한 상황의 영상이 촬영될 수 있다. 즉, 상기 사전 학습데이터는 공정라인에서 작업자가 체결부위에 대하여 체결작업을 수행할 수 있는 위치(각도) 및 모든 상황을 고려하여 구축될 수 있다.
- [0076] 체결부위 학습부(310)는 동일한 체결부위에 대한 학습데이터 영상들을 하나의 클래스(class)로 간주하여 사전에 분류작업을 수행하고, 해당 학습데이터 세트를 이용하여 CNN 알고리즘을 통한 체결부위의 학습을 진행한다(S30). 상기 CNN 알고리즘의 학습데이터로 이용되는 영상들은 후술되는 영상의 회전 정합, 밝기보상, 공구 소켓 영상 마스크(Masking) 등의 전처리를 모두 적용 후 상기 체결부위의 학습에 이용될 수 있다.
- [0077] 체결부위 학습부(310)는 학습된 체결부위에 대응되는 토크 값을 설정하여 체결학습 데이터를 생성하고, 체결공구(100)가 영상인식 기반 가변토크의 체결작업을 수행하도록 배포한다. 상기 체결학습 데이터는 차량사양정보에 따른 차종 및 이종부품을 구분하여 생성될 수 있다.
- [0078] 한편, 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 CNN 알고리즘의 경량화를 위한 대표 모델 영상 지정 예시를 나타낸다.
- [0079] 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 CNN 알고리즘은 부품의 체결부위를 인식을 위해 동일한 체결부위의 대표 모델 영상을 지정하고 입력된 영상을 회전하여 정합여부를 판정한다.
- [0080] 체결부위 학습부(310)는 부품의 동일한 체결부위에 대하여 다양한 회전각도에서 촬영된 영상 중 2가지 회전방향에 대한 두 개의 대표 모델 영상이 180도 간격(예; 0도, 180도)으로 지정된 회전 정합 알고리즘을 생성할 수 있다. 그리고, 체결부위 학습부(310)는 상기 두 개의 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 학습된 모델 영상을 생성하여 CNN 알고리즘 기반의 체결학습 데이터에 적용하고, 추가학습을 통해 업데이트 할 수 있다.
- [0081] 이를 통해 다양한 각도를 고려함에 따라 연산량 증가를 유발하는 모델 영상의 다양성을 감소시킬 수 있으며 영상의 분류 난이도도 감소시킬 수 있다.

- [0082] 이처럼, 체결부위 학습부(310)는 위와 같이 경량화된 영상인식 알고리즘의 체결학습 데이터를 체결공구(100)에서 활용하도록 제공하여 낮은 연산량으로 다양한 각도에서 취득된 체결부위 영상을 인식할 수 있도록 지원하는 효과가 있다.
- [0083] 데이터베이스(320)는 체결부위 학습 서버(300)의 동작을 위한 각종 프로그램 및 데이터를 저장하고, 기계학습을 통해 도출된 체결학습 데이터의 체결부위 코드 정보와 토크 값을 매칭하여 저장한다.
- [0084] 한편, 전술한 체결공구 시스템의 구성을 바탕으로 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 제어 방법을 설명한다.
- [0085] 먼저, 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구의 제어 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.
- [0086] 체결공구(100)에 구성된 상기 각 부는 후술하는 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구 제어 방법에서 지정된 각 기능을 수행하기 위한 일련의 명령을 포함하는 프로그램에 의해 동작하는 하나 이상의 마이크로 프로세서로 구현될 수 있다.
- [0087] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 체결공구(100)의 카메라부(110)는 공정라인에 차량이 진입되어 체결작업이 개시되면 부품의 체결부위를 촬영한다(S110). 이 때, 카메라부(110)는 차량에 부착된 바코드 혹은 큐알 코드 영상을 촬영하여 공정라인에 진입된 차량사양정보를 인식하는 과정을 선행할 수 있다.
- [0088] 체결공구(100)의 영상 입력부(120)는 거리측정센서(121)를 통해 체결부위와의 거리를 측정하고 상기 거리가 일정 거리 이내로 가까워진 시점에 카메라부(110)에서 촬영된 영상을 체결부위 판단부(150)의 입력영상으로 전달한다(S120).
- [0089] 이 때, 체결부위 판단부(150)는 상기 입력영상을 이용하여 해당 체결부위 인식 및 그에 적합한 토크 값을 추정하게 되며, 상기 추정의 과정은 영상의 전처리 작업, CNN 알고리즘 기반 영상분류작업 및 후처리 작업으로 이루어진다.
- [0090] 먼저, 체결부위 판단부(150)는 상기 입력영상을 CNN 알고리즘 기반 영상분류작업에 활용하기 위한 전처리 작업을 수행한다(S130).
- [0091] 여기서, 상기 전처리 작업은 후행 되는 영상분류작업의 난이도를 감소시키기 위한 것으로써 영상 회전 정합, 영상 밝기 보정 및 공구 마스킹(Masking) 작업을 포함한다.
- [0092] 일반적으로 공정라인에서 체결작업을 수행하는 상황에서의 작업자 위치는 고정되어 있지 않으며 체결공구(100)를 들고 있는 방향도 제 각각으로 다양하게 발생할 수 있다. 즉, 체결부위에 대한 영상은 다양한 회전각도의 영상으로 발생될 수 있으며, 동일한 체결부위에 대하여 다양한 회전각도의 영상이 발생하는 경우 영상분류의 난이도가 증가되는 문제가 있다.
- [0093] 이에, 본 발명의 실시 예에 따른 체결부위 판단부(150)는 다양한 회전 각도를 갖는 영상을 특정 기준 방향으로 회전하여 소정 대표 모델 영상과 정합시키는 영상 회전 정합을 통해 촬영되는 회전 각도에 대한 다양성을 감소시키고 입력영상에 대한 분류 난이도를 감소시키는 역할을 한다.
- [0094] 예컨대, 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 영상 회전 정합 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0095] 도 7을 참조하면, 체결부위 판단부(150)는 입력영상에 대한 회전 정합을 수행하기 위하여, 먼저 체결부위 입력영상에 대한 중심을 기준으로 원형의 외곽부에 마스킹(Masking) 작업을 실시한다(S131-1). 이는 체결부위에 대한 주요 정보가 상기 입력영상의 중심부에 존재하기 때문에 후행 되는 HOG(histogram of gradient) 작업 시 외곽부의 불필요한 기울기 성분이 계산되는 것을 방지하기 위함이다.
- [0096] 체결부위 판단부(150)는 상기 마스킹 작업이 수행된 입력영상에 대하여 HOG(histogram of gradient) 알고리즘을 이용한 영상처리 작업을 실시한다(S131-2). 이 때, 상기 HOG는 상기 입력영상을 일정 크기의 지역단위(셀 단위)로 분할하고 지역별로 발생하는 기울기 성분의 분포를 측정한다. 여기서, 상기 HOG는 영상의 분할된 각 지역마다 엣지(edge) 픽셀들의 방향에 대한 히스토그램을 템플릿으로 만들어 매칭하는 방식을 가진다. 이러한 HOG는 지역단위의 기하학적 정보는 유지하면서 각 지역 내부에는 히스토그램 매칭을 사용하는 특징을 갖는다. 그러므로 외부의 윤곽선 정보는 독특한 정보를 가지면서 내부 패턴이 복잡하지 않은 물체나 차량 부품의 식별에 적합하다.
- [0097] 체결부위 판단부(150)는 HOG를 통해 계산된 지역별 기울기 분포를 이용하여 입력영상 전체에 대한 통계치를 계산하고 최대로 발생하는 기울기 각도(예; 40도)를 계산한다(S131-3). 이때, 상기 기울기 각도는 도 5에서 설명

한 것과 같이 미리 지정된 대표 모델 영상(0도, 180도)를 기준으로 계산될 수 있다.

- [0098] 체결공구(100)는 상기 기울기 각도를 상기 입력영상의 체결부위에 대한 주요 각도성분으로 가정하여 상기 입력 영상을 지정된 대표 모델 영상과 가까운 방향으로 회전하여 정합을 실시한다(S131-4). 가령, 입력영상의 기울기 각도가 40도인경우 가까운 0도의 대표 모델 영상 정합될 수 있고, 기울기 각도가 120도인경우 가까운 180도의 대표 모델 영상과 정합될 수 있다.
- [0099] 이처럼, 체결부위 판단부(150)는 HOG를 통해 입력영상에 대한 0~180도 사이의 기울기 각도를 측정하고 대표 모델 영상과의 회전 정합 작업을 수행함으로써 다양한 회전 방향에서 촬영된 영상의 다양성을 2가지 회전방향에 대한 영상으로 감소시킬 수 있다. 따라서, 동일한 체결 부위에 대하여 다양한 회전 각도로 촬영된 영상은 2가지 대표 방향의 영상으로 정렬되어 입력영상에 대한 분류 난이도를 감소시킬 수 있는 효과가 있다.
- [0100] 다시, 도 6을 참조하면, 공정라인에서의 작업자가 체결작업을 수행하는 과정에서는 다양한 조명환경 등으로 인하여 입력영상의 밝기 역시 다양하게 발생할 수 있다.
- [0101] 이에, 체결부위 판단부(150)는 동일한 체결부위에 대하여 다양한 밝기로 인한 분류 난이도를 제거하기 위하여 히스토그램 평활화(Histogram equalization) 작업을 통해 영상의 밝기를 보정한다(S132). 상기 영상의 밝기 보정은 상기 영상 회전 정합 작업 시 가공된 원형으로 마스킹된 입력영상을 이용하여 영상 픽셀(pixel)에 대한 히스토그램(histogram) 계산을 수행한다.
- [0102] 또한, 상기 영상의 밝기 보정은 영상 회전 정합이 이루어진 이후의 입력영상에 대하여 수행한다. 이는 입력영상의 중심부분에 체결부위의 주요 정보가 있으므로 영상 회전 정합으로 인하여 발생하는 검은 영역의 히스토그램이 측정에 포함되는 것을 방지하기 위함이다.
- [0103] 이처럼, 체결부위 판단부(150)는 해당 영상 밝기 보정 작업을 통하여 영상의 밝기가 어둡거나 밝은 영상의 중간 밝기로 보정하여 조명환경에 대한 영향을 감소시킬 수 있다.
- [0104] 한편, 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 공구 영상 마스킹 작업을 설명하기 위한 예시 영상을 나타낸다.
- [0105] 도 8을 참조하면, 작업자가 체결작업을 수행 시 카메라부(110)를 통해 촬영되는 영상은 체결부위에 대한 영상뿐만 아니라 체결공구의 일부 공구에 소켓이 장착된 영상(이하, 공구 소켓 영상이라 명명함)이 포함된다.
- [0106] 상기 공구 소켓 영상이 입력영상에 항상 동일한 형태로 촬영되면 해당 부분이 고정 되어 영상분류작업의 성능에 큰 영향을 미치지 않을 수 있다. 그러나 체결부위의 형태/규격에 따라 소켓이 교체될 수 있으며, 작업자 개인에 따라 이용하는 공구의 형태(예; 길이와 두께)도 달라질 수 있다. 이처럼 체결공구(100)의 공구와 소켓의 변화가 다양한 바, 기계학습 알고리즘기반의 영상분류작업을 수행함에 있어서 공구 소켓 영상의 다양성을 고려한 모든 학습데이터를 수집 및 학습해야 하는 문제가 있다.
- [0107] 이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 체결부위 판단부(150)는 입력영상 내의 체결 공구 영역에 대하여 공구 소켓 영상 마스킹 작업을 실시한다(S133). 즉, 체결부위에 대한 영상분류작업을 수행 시 상기 체결 공구 영역에 대한 정보는 불필요하므로 입력영상 내 상기 체결 공구 영역은 사전에 제작된 마스크 맵(mask map)을 이용하여 제거한다. 이를 통해, 공구 및 소켓이 변경되더라도 체결 부위 영상에 대한 영향을 받지 않도록 제거함으로써 영상분류작업의 성능에 영향을 주지 않도록 할 수 이 있다. 다만, 위 설명에서 상기 공구 소켓 영상 마스킹 작업은 상기 S133 단계에 한정되지 않고, 상기 S131 단계에 원형 마스킹 작업과 동시에 수행될 수 있다.
- [0108] 체결부위 판단부(150)는 전처리 작업이 완료된 동일한 체결부위의 비디오 입력영상에 대하여 CNN 알고리즘 기반의 영상분류작업을 통한 추론과정을 거쳐 체결부위를 추정할 수 있다(S140). 이때, 체결부위 판단부(150)에는 체결부위 학습 서버(300)에서 사전에 학습된 체결부위별 모델 영상과 CNN 알고리즘에 적합한 파라미터 값들이 설정되어 있다. 상기 모델 영상은 체결부위별로 지정된 대표 모델 영상의 각도를 기준으로 모델링되어 간소화된 체결학습 데이터를 의미한다.
- [0109] 상기 추론과정에서 비디오 입력영상의 각 프레임(frame)이 CNN 알고리즘에 순차적으로 입력되고, CNN 알고리즘은 입력영상에 대한 각 프레임을 설정된 체결부위 모델 영상, 파라미터 값 및 가중치를 가지고 분류된 체결부위의 클래스(class) 및 그 신뢰도를 나타내는 확률 값을 출력할 수 있다.
- [0110] 체결부위 판단부(150)는 후처리 작업을 통해 상기 추론과정에서 비디오 입력영상에 대하여 연속적으로 출력되는 체결부위의 클래스(class) 정보와 그 확률 값 중에서 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스(class)의 체결부위를 선

택한다(S150).

[0111] 예를 들어, 상기 비디오 입력영상에 대하여 5개의 체결부위 중 하나의 클래스를 선택하게 되는 경우 5개의 확률 값을 출력하게 되며 가장 높은 확률 값을 갖는 클래스(Class)가 선택된다. 이 때, 실시간으로 입력되는 비디오 영상에 대하여 매 프레임(frame) 마다 체결부위에 대한 클래스를 판단하게 되는데 사전 학습데이터가 부족하거나 분류 난이도가 높은 체결부위의 경우 각 클래스에 대한 출력이 높지 않아 프레임마다 결정되는 클래스가 다르게 나타날 수 있다. 또한, 비디오 영상이 흔들려 연속된 프레임 중 일부 프레임(frame)이 튀거나 노이즈성으로 클래스의 추정결과가 다르게 나타나는 현상이 발생할 수 있다.

[0112] 이를 방지하기 위하여 본 발명의 실시 예에 따른 체결부위 판단부(150)는 비디오 입력영상의 이전 프레임에서 출력된 확률 정보를 아래의 수학적 식 1과 같이 누적 후 평균화하여 비디오 입력영상에 대한 분류 결과를 안정적으로 할 수 있다.

수학적 식 1

$$P_{t_mean} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} P_{t-k}$$

[0113]

[0114] 여기서, P는 CNN 알고리즘에서 출력되는 확률 값의 벡터 정보, N은 현재 프레임보다 앞선 이전 프레임들 확률 정보의 평균을 의미한다. 이를 통해 매 프레임마다 토크 값이 다르게 설정되는 것을 방지할 수 있다.

[0115] 한편, 체결부위 판단부(150)는 선택된 체결부위의 확률 값이 기준 비율(예; 50%)을 초과하는지 여부를 판단하여 상기 기준 비율을 초과하면(S160; 예), 상기 영상분류작업에 따른 체결부위의 인식에 성공한 것으로 판단하고 그에 따른 토크 값을 자동으로 설정한다. 이하, 상기 기준 비율을 50%로 가정하여 설명하겠으나 이에 한정되지 않고 신뢰성 판단의 요구에 따라 그 설정 비율이 증감될 수 있다.

[0116] 이때, 체결부위 판단부(150)는 현재 토크 세팅 정보가 상기 선택된 체결부위에 매칭된 토크 값과 동일하면(S170; 예), 상기 토크 세팅 정보를 유지한 상태에서 체결작업 수행에 따른 체결결과를 디스플레이(140)에 표시한다(S190).

[0117] 반면, 체결부위 판단부(150)는 현재 토크 세팅 정보가 상기 토크 값과 다르면(S170; 아니오), 상기 토크 값을 토크 세팅 정보로 변경하고(S180), 체결작업 수행에 따른 체결결과를 디스플레이(140)에 표시한다(S190). 이때, 디스플레이(140)는 현재 촬영으로 인식된 체결부위 및 토크 값을 작업자에게 표시하여 현재 체결공구가 올바르게 체결부위를 판단했는지 토크 값을 설정했는지를 확인할 수 있도록 한다.

[0118] 또한, 상기 S160 단계에서, 체결부위 판단부(150)는 선택된 체결부위의 확률 값이 상기 기준 비율(예; 50%)을 초과하지 않으면(S160; 아니오), 작업자에 의해 수동으로 토크 값이 변경된다(S180). 이때, 디스플레이(140)는 체결부위에 대한 분류 실패를 표시할 수 있으며, 토크 값을 수동으로 설정하기 위한 입력 메뉴를 제공할 수 있다.

[0119] 또한, 체결부위 판단부(150)는 수동으로 토크 값을 설정하여 체결작업을 수행한 경우 체결작업 직전에 일정 시간 동안 촬영된 영상들을 별도의 추가 학습데이터로 저장하여 추후 CNN 알고리즘의 학습 모델 업데이트를 위해 공구 제어기(200)로 전송된다.

[0120] 한편, CNN 알고리즘의 경우 체결작업의 대상이 아니어서 사전에 학습되지 않은 영상에 대해서도 상기 추론과정에서 클래스에 대한 확률이 출력될 수 있으나 이런 경우 확률 값이 매우 낮게 나타나기 때문에 50% 기준 비율 이하의 조건으로 필터링 될 수 있다. 즉, 체결부위 판단부(150)는 상기 추론과정에서 도출된 최대 확률 값이 50%를 초과하는 경우에만 학습데이터에 포함된 체결작업 대상이라고 간주하여 클래스 정보를 출력하고 그에 따른 토크 값을 설정할 수 있다.

[0121] 또한, 체결작업 대상의 경우 사전 학습된 영상이 충분하지 않은 부위라도 촬영되는 영상에 대한 확률 값이 계산될 수 있으나 최대 확률 값이 50% 이하이면 신뢰성이 현저히 떨어지므로 수작업으로 토크 값이 세팅된다.

[0122] 한편, 체결공구(100)의 통신부(130)는 부품의 체결작업에 따른 체결부위 인식정보, 토크 값 세팅 정보 및 체결결과를 포함하는 체결작업 이력 데이터를 공구 제어기(200)로 전송한다. 이후, 체결공구(100)는 상기한 과정을

차량당 체결작업 횟수만큼 반복한 후 작업을 완료할 수 있다.

- [0123] 이상의 도 6을 통한 체결공구의 제어 방법에 있어서, 각 단계별 흐름을 체결공구(100)에 구성된 각부를 주체로 설명하였으나 상기 각부의 구성은 하나의 체결공구(100)로 통합될 수 있는 바, 상기 체결공구 제어 방법은 통합된 체결공구(100)를 주체로도 설명될 수 있음은 자명하다.
- [0124] 한편, 공구 제어기(200)는 체결공구(100)의 부품 체결 작업에 따른 체결부위 인식정보, 토크 값 세팅정보 및 체결결과를 포함하는 체결작업 이력 데이터를 수집하고 이를 누적하여 저장한다.
- [0125] 공구 제어기(200)는 체결공구(100)의 작업으로 수신된 체결부위의 코드 값, 차량당 체결작업 횟수를 해당 공정 라인에 설정된 기준작업정보와 비교하여 정상 체결결과 여부 보증 및 체결작업의 누락을 작업자에게 알람 할 수 있다.
- [0126] 또한, 공구 제어기(200)는 상기 체결작업 이력 데이터에서 체결부위의 영상분류작업 실패(즉, 인식실패)로 작업자에 의해 수동으로 토크 값이 세팅된 영상을 수신하여 추가 학습데이터로 저장할 수 있다.
- [0127] 또한, 공구 제어기(200)는 체결공구(100)의 체결부위의 추론 시의 확률 값이 하한 기준 비율(50%) 초과하여 상기 영상분류작업에 성공하더라도 상한 기준 비율(예; 90%) 미만으로 낮으면 체결작업 직전 일정 시간 동안 촬영된 영상을 수집하여 별도의 추가 학습데이터로 저장 할 수 있다.
- [0128] 공구 제어기(200)는 일정기간 혹은 일정량으로 누적된 추가 학습데이터를 학습시키기 위해 체결부위 학습 서버(300)로 전송한다. 이후, 공구 제어기(200)는 체결부위 학습 서버(300)에서 상기 추가 학습데이터로 추가 학습된 체결학습 데이터가 수신되면 체결공구(100)로 전송하여 업데이트 시킬 수 있다.
- [0129] 한편, 체결부위 학습 서버(300)는 위에서 언급된 체결부위의 인식 실패로 수작업 토크 값 설정이 진행된 경우와 추론 시의 확률 값이 상한 기준치보다 낮은 상황에서의 영상들을 수집하여 일정량의 추가 학습데이터를 구축한다.
- [0130] 이 때, 체결부위 학습 서버(300)는 누적된 상기 추가 학습데이터가 사전 학습된 데이터의 50% 분량이 되면 사전 학습데이터에서 50%를 임의로 선정하고 상기 추가 학습데이터와 결합하여 새로운 학습데이터 세트를 생성할 수 있다.
- [0131] 체결부위 학습 서버(300)는 상기 새로운 학습데이터 세트로 CNN 알고리즘을 학습하여 모델 영상을 업데이트 한다. 이때, 체결부위 학습 서버(300)는 상기 CNN 알고리즘 업데이트 시 학습과정을 다시 수행하되, 사전에 학습된 CNN 알고리즘의 모델 영상을 초기값으로 이용하고 새로운 학습데이터 세트로 학습을 수행한다.
- [0132] 이후 체결부위 학습 서버(300)는 앞서 설명된 추론과정에서의 추가데이터 세트를 새로 생성하고 생성된 분량이 목표치에 도달하면 모델 영상의 업데이트 과정을 수행한다.
- [0133] 체결부위 학습 서버(300)는 이와 같은 방법으로 반복적이고 지속적인 체결학습 데이터 업데이트를 수행하여 작업자의 성향에 적응적으로 학습 모델 영상을 생성할 수 있고 체결부위에 대한 분류성능과 체결보증 성능을 지속적으로 강화할 수 있다.
- [0134] 이와 같이, 본 발명의 실시 예에 따르면, 작업자가 체결부위에 적합한 토크 값을 숙지하지 않더라도 체결공구에 부가된 영상기반 기계학습 알고리즘을 통해 체결부위 인식 및 토크 값 변경을 자동으로 수행함으로써 작업의 효율성 향상 및 하나의 체결공구 운용에 따른 관리 유지비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.
- [0135] 또한, 작업자의 체결작업 시 인식 확률이 낮은 체결부위 영상을 추가 학습데이터로 수집하여 학습 및 체결학습 데이터 업데이트를 수행함으로써 작업자의 성향에 적응적으로 학습 모델 영상을 생성할 수 있으며 체결부위에 대한 분류성능과 체결보증 성능을 지속적으로 강화할 수 있는 효과가 있다.
- [0136] 또한, 작업자의 체결작업 시 인식 확률이 낮은 체결부위 영상을 추가 학습데이터로 수집하여 지속적인 학습 및 체결학습 데이터 업데이트를 수행함으로써 작업자의 성향에 적응적으로 학습 모델 영상을 생성할 수 있고 체결부위에 대한 분류성능과 체결보증 성능을 지속적으로 강화할 수 있는 효과가 있다.
- [0137] 이상에서는 본 발명의 실시 예에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시 예에만 한정되는 것은 아니며 그 외의 다양한 변형이 가능하다.
- [0138] 예컨대, 도 1 및 도 2를 통해 설명된 본 발명의 실시 예에서는 체결공구(100)와 공구 제어기(200)를 개별 장치로 설명하였으나 이에 한정되지 않으며 체결공구(100)에 정보통신기능을 포함하는 공구 제어기(200)가 일체로

구성될 수 있다.

[0139] 이 때, 공구 제어기(200)는 통신부(130)를 통해 체결부위 학습 서버(300)와 연동될 수 있으며, 터치스크린의 디스플레이(140)를 통한 입출력 기능 등의 하드웨어를 공유할 수 있다.

[0140] 따라서, 공구 제어기(200)를 위한 별도의 하드웨어 구성을 하고 하나의 체결공구(100)를 통한 시스템 운용이 가능하여 유지비용을 절감할 수 있는 이점이 있다.

[0141] 본 발명의 실시 예는 이상에서 설명한 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시 예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시 예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

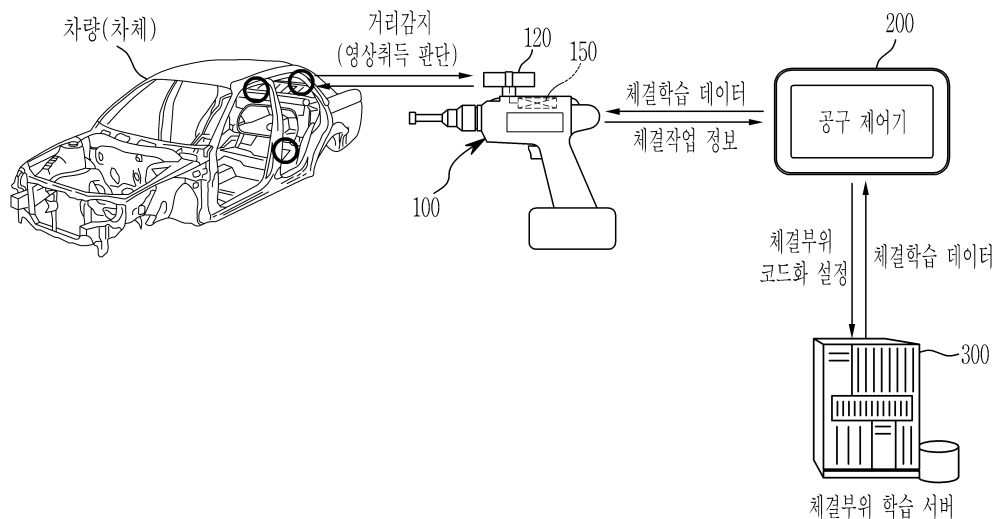
[0142] 이상에서 본 발명의 실시 예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

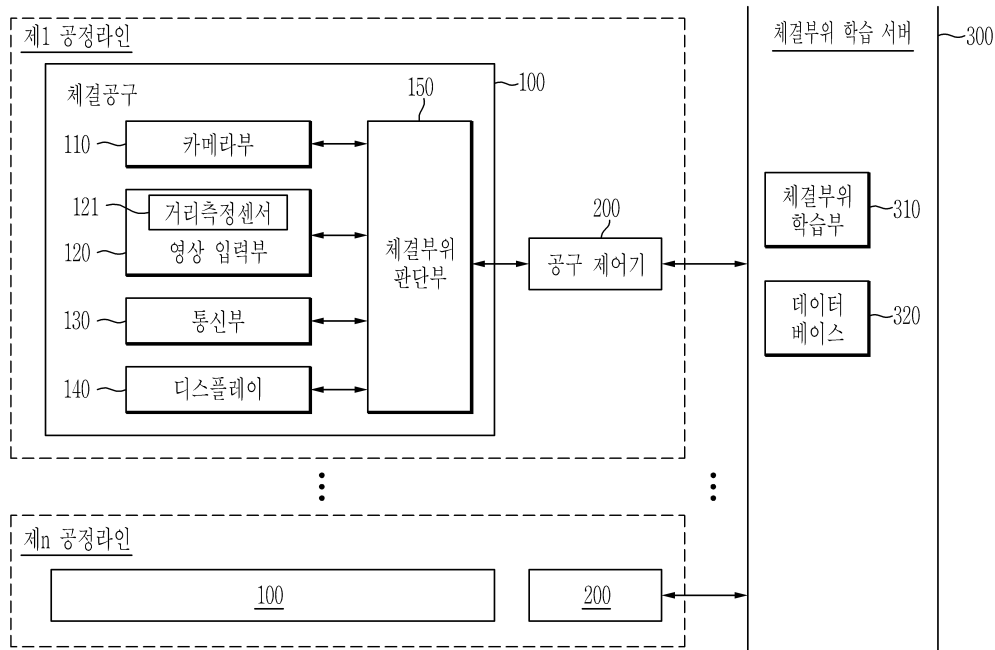
[0143]	100: 체결공구	110: 카메라부
	120: 영상 입력부	121: 거리측정 센서
	130: 통신부	140: 디스플레이
	150: 체결부위 판단부	200: 공구 제어기
	300: 체결부위 학습 서버	310: 체결부위 학습부
	320: 데이터베이스	

도면

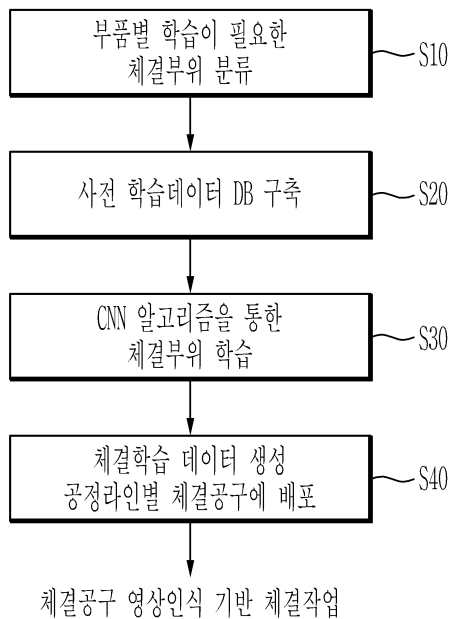
도면1



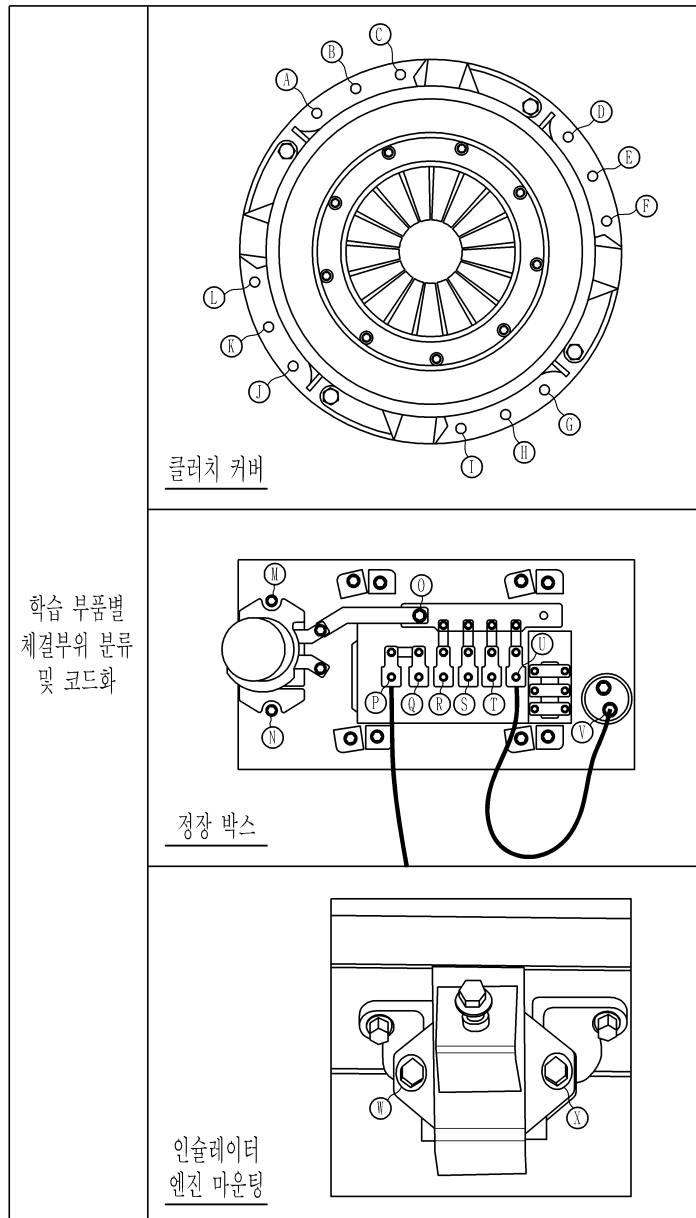
도면2



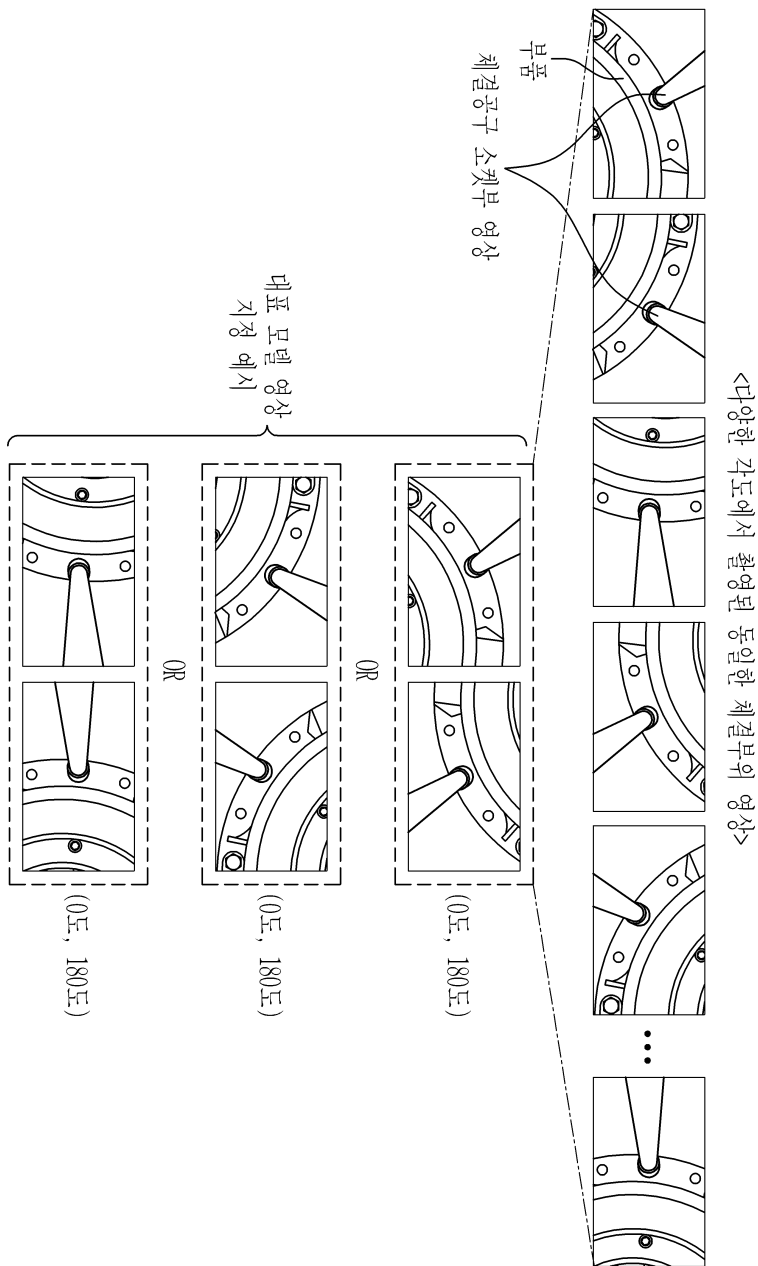
도면3



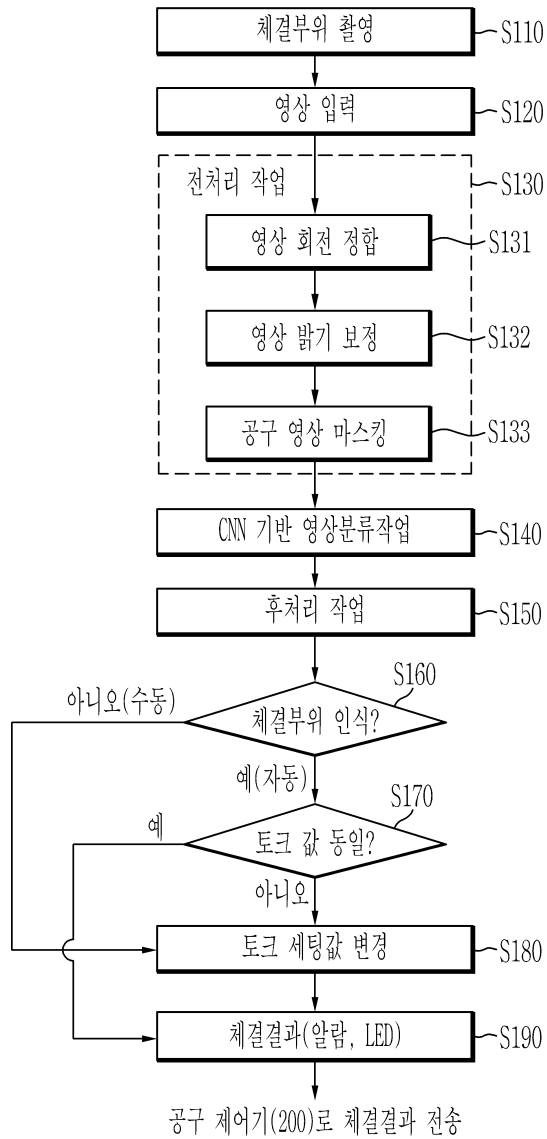
도면4



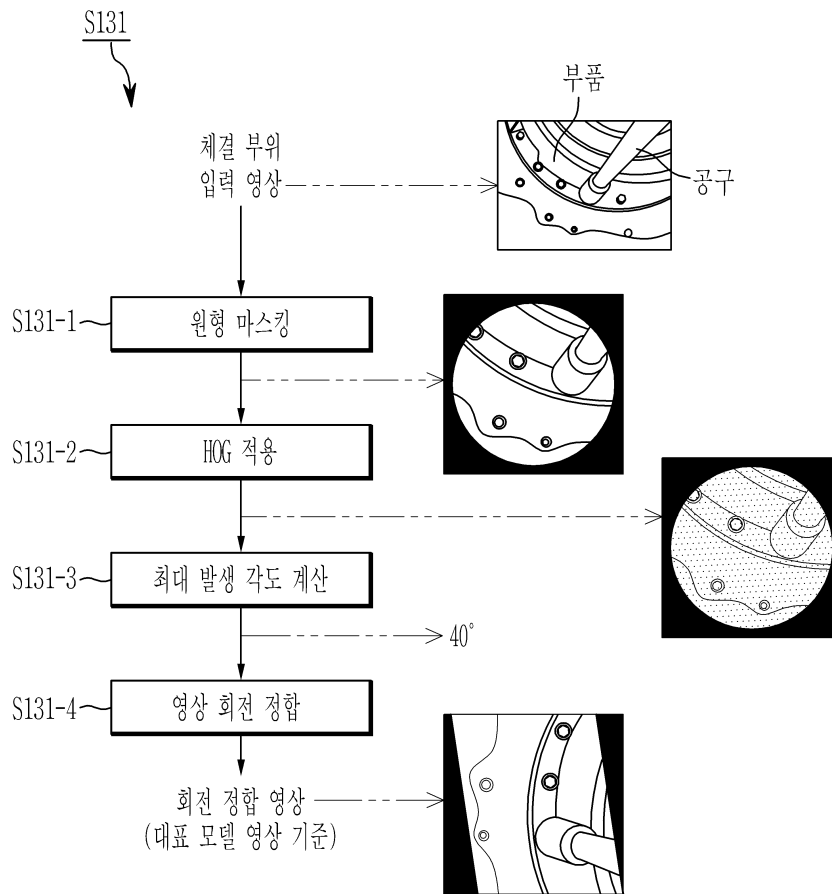
도면5



도면6



도면7



도면8

