



특허출원서

【출원구분】 특허출원

【출원인】

【명칭】 에스케이하이닉스 주식회사

【특허고객번호】 1-1998-004569-8

【대리인】

【성명】 김성남

【대리인번호】 9-1998-000150-9

【포괄위임등록번호】 2005-065719-6

【발명(고안)의 국문명칭】 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템

【발명(고안)의 영문명칭】 MACHINE LEARNING BASED IMAGE ANOMALY DETECTION SYSTEM

【발명(고안)자】

【성명】 조국일

【성명의 영문표기】 JO, Guk Il

【주민등록번호】 정보보호를 위해 미공개

【우편번호】 정보보호를 위해 미공개

【주소】 정보보호를 위해 미공개

【출원언어】 국어

【취지】

위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 김성남 (서명 또는 인)



【수수료】

【(기본)출원료】 0 면 46,000 원

【가산수수료】 48 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 0 항 0 원

【합계】 46,000 원



【발명의 설명】

【발명의 명칭】

머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템{MACHINE LEARNING BASED IMAGE ANOMALY DETECTION SYSTEM}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 이미지 처리 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 오브젝트로부터 획득한 이미지의 이상 여부를 탐지하는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템에 관한 것이다.

【배경기술】

【0002】 이상 탐지 시스템(Anomaly detection system)은 정상과 크게 차이나는 비정상을 탐지하는 기술로서 많은 분야에서 활용되고 있다. 정상과 비정상을 잘 구분할 수 있는 명확한 물리적 방법이 있다면 규칙 기반 모델(Rule based model)을 생성하여 손쉽게 비정상을 탐지할 수 있다. 하지만, 현실적으로 정상과 비정상을 구분할 기준이 모호하거나, 또는 비정상을 구분하기 위한 특징을 정의하기가 어려운 경우가 상당히 많다. 아울러, 이러한 특징을 정의하기 위해서는 관련 전문지식이 필요하거나, 또는 많은 시간과 노력이 필요할 수 있다. 무엇보다 비정상의 경우 기존에 정의되지 않은 새로운 케이스(case)가 발생할 수 있다. 만약, 안정적인 상황에서 이상 발생의 빈도가 낮은 경우라면 불량 데이터를 확보하기 매우 어렵기 때문에 발생할 수 있는 모든 경우의 불량 데이터를 사전에 모두 확보하기란 현실적으로 불가능하다.

【0003】 이러한 어려움을 극복하기 위해 머신러닝(Machine learning)을 이용하여 데이터를 학습하여 비정상을 탐지하는 연구가 많이 진행되고 있다. 학습방법으로는 사례 기반 학습(Instance-based learning)을 통해 과거 사례를 기억하거나, 또는 추론 모델(Inference model)을 학습시키는 방법을 사용한다. 그리고, 새로운 데이터가 입력되었을 때, 기존 데이터와의 유사도를 측정하거나, 또는 추론 모델에 대입하여 정상인지 비정상인지를 판단할 수 있다.

【0004】 특히, 이미지의 경우 딥러닝(Deep learning)을 통해 전통적인 컴퓨터 시각 인식(Computer vision)의 한계를 넘어서 특정 영역에서 사람 이상의 인지 능력을 발휘하여

이미지 처리(Image processing)의 대세로 자리 잡았다. 딥러닝은 이미지의 주요한 특징을 사람이 정의하지 않더라도 이미지로부터 주요한 특징을 용이하게 추출할 수 있다. 공지된 여러가지 딥러닝 알고리즘 중에서도 이미지의 이상을 탐지하기 위해 사용될 수 있는 알고리즘으로는 오토인코더(AutoEncoder)가 대표적이다. 오토인코더는 비지도 학습(Unsupervised learning) 방법 중 하나로서 학습이 쉽고 뛰어난 성능을 가진 덕분에 많은 오토인코더의 파생 알고리즘들이 연구되고 있다.

【발명의 내용】

【해결하려는 과제】

【0005】 본 발명의 실시예들은 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 오브젝트로부터 획득한 이미지로부터 머신러닝을 통해 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화할 수 있는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템을 제공하기 위한 것이다.

【과제의 해결 수단】

【0006】 본 발명의 실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템은 오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 입력받아 재건 이미지를 출력하는 오토인코더 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈; 상기 원본 이미지 및 상기 재건 이미지를 입력받아 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 차동 이미지 생성부; 상기 원본 이미지를 입력받아 공통된 공간상의 정보가 반영된 평균 맵을 생성하는 평균 맵 생성부; 상기 차동 이미지를 입력받아 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하는 주의 맵 생성부; 상기 차동 이미지, 상기 평균 맵 및 상기 주의 맵을 입력받아 연산 이미지를 생성하는 이미지 연산부; 상기 연산 이미지를 입력받아 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 이상 이미지 생성부; 및 상기 이상 이미지를 입력받아 상기 이상 이미지의 이상 정도를 수치화한 이상 수치를 생성하는 이상 수치 산출부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 차동 이미지 생성부는 다수의 상기 차동 이미지에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 유닛을 더 포함할 수 있다.

【0007】 상기 원본 이미지는 그레이 스케일 이미지를 포함할 수 있다. 상기 원본 이미지

는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 이미지 학습 모듈은 다수의 상기 정상 이미지를 활용하여 학습된 것일 수 있다. 상기 이미지 학습 모듈은 상기 원본 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 갖고, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 상기 이미지 학습 모듈은 기 설정된 확률분포로부터 리얼 샘플을 생성하는 사전 분포 유닛; 및 상기 리얼 샘플 및 상기 인코더 네트워크에서 생성된 페이크 샘플을 랜덤하게 입력받아 입력된 샘플이 리얼 또는 페이크인지 구분하도록 판별 손실을 바탕으로 자신과 상기 인코더 네트워크를 학습시키는 판별 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 상기 이미지 학습 모듈은 상기 원본 이미지를 입력받아 랜덤하게 생성한 노이즈를 상기 원본 이미지에 가산하여 노이즈 가산 이미지를 생성하는 노이즈 가산 유닛; 직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 노이즈 가산 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및 직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 가지며, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함할 수 있다.

【0008】 상기 차동 이미지 생성부에서 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출할 수 있다. 상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 평균 맵 생성부는 다수의 상기 정상 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 평균 맵을 생성할 수 있다. 상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 주의 맵 생성부는 다수의 상기 정상 이미지 각각에 대응하는 다수의 상기 차동 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 주의 맵을 생성할 수 있다. 상기 원본 이미지는 상기 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 상기 오브젝트로부터 획득한 테스트 이미지 및 양품인 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 연산 이미지는 가중 합산 이미지를 포함할 수 있으며, 상기 가중 합산 이미지는 상기 테스트 이미지에 대응하는 상기 차동 이미지, 다수의 상기 정상 이미지로부터 산출된 상기 평균 맵 및 다수의 상기 정상 이미지로부터 산출된 상기 주의 맵 각각에 가중

치를 부여한 후, 합산하여 생성할 수 있다. 상기 이상 이미지 생성부는 상기 연산 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 비교하여 상기 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 상기 이상 이미지를 생성할 수 있다. 상기 이상 수치 산출부는 상기 이상 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 상기 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 상기 이상 이미지의 전체 픽셀로 나눠 상기 이상 수치를 산출할 수 있다.

【0009】 본 발명의 실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템은 오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 입력받아 재건 이미지를 출력하는 오토인코더 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈; 상기 원본 이미지 및 상기 재건 이미지를 입력받아 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 차동 이미지 생성부; 상기 차동 이미지를 입력받아 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 및 표준편차 풀링 이미지를 각각 생성하는 풀링 이미지 생성부; 상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지 및 상기 표준편차 풀링 이미지를 합산하여 융합 이미지를 생성하는 융합 이미지 생성부; 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하고, 생성된 상기 주의 맵을 상기 융합 이미지에 반영하여 주의 이미지를 생성하는 주의 이미지 생성부; 상기 주의 이미지의 배율이 조절된 연산 이미지를 생성하는 이미지 연산부; 상기 연산 이미지를 입력받아 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 이상 이미지 생성부; 및 상기 이상 이미지를 입력받아 상기 이상 이미지의 이상 정도를 수치화한 이상 수치를 생성하는 이상 수치 산출부를 포함할 수 있다. 또한, 상기 차동 이미지 생성부는 다수의 상기 차동 이미지에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 유닛을 더 포함할 수 있다.

【0010】 상기 원본 이미지는 컬러 이미지를 포함할 수 있다. 상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 이미지 학습 모듈은 다수의 상기 정상 이미지를 활용하여 학습된 것일 수 있다. 상기 이미지 학습 모듈은 상기 원본 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 갖고, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 상기 이미지 학습 모듈은 기 설정된 확률분포로부터 리얼 샘플을 생성하는 사전 분

포 유닛; 및 상기 리얼 샘플 및 상기 인코더 네트워크에서 생성된 페이크 샘플을 랜덤하게 입력받아 입력된 샘플이 리얼 또는 페이크인지 구분하도록 판별 손실을 바탕으로 자신과 상기 인코더 네트워크를 학습시키는 판별 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 상기 이미지 학습 모듈은 상기 원본 이미지를 입력받아 랜덤하게 생성한 노이즈를 상기 원본 이미지에 가산하여 노이즈 가산 이미지를 생성하는 노이즈 가산 유닛; 직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 노이즈 가산 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및 직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 가지며, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함할 수 있다.

【0011】 상기 차동 이미지 생성부에서 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출할 수 있다. 상기 원본 이미지는 상기 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 상기 오브젝트로부터 획득한 테스트 이미지를 포함할 수 있고, 상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지, 상기 표준편차 풀링 이미지 및 상기 융합 이미지 각각은 상기 테스트 이미지에 대응하는 것일 수 있다. 상기 융합 이미지는 상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지 및 상기 표준편차 풀링 이미지 각각에 가중치를 부여한 후, 합산하여 생성할 수 있다. 상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함할 수 있고, 상기 주의 이미지 생성부는 다수의 상기 정상 이미지 각각에 대응하는 다수의 상기 차동 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 주의 맵을 생성할 수 있다. 상기 주의 이미지 생성부는 상기 융합 이미지에 가중치가 반영된 상기 주의 맵을 곱하여 상기 주의 이미지를 생성할 수 있다. 상기 이미지 연산부는 곱셈기를 포함할 수 있고, 상기 연산 이미지는 멀티플라이드 이미지(Multiplied image)를 포함할 수 있다. 상기 이상 이미지 생성부는 상기 연산 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 비교하여 상기 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 상기 이상 이미지를 생성할 수 있다. 상기 이상 수치 산출부는 상기 이상 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 상기 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 상기 이상 이미지의 전체 픽셀로 나눠 상기 이상 수치를 산출할 수 있다.

【발명의 효과】

【0012】상술한 과제에 해결 수단을 바탕으로 하는 본 기술은 오브젝트에서 획득한 원본 이미지로부터 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화하여 사용자에게 제공함으로써 오브젝트의 불량을 효과적으로 검출할 수 있는 효과가 있다.

【0013】또한, 오브젝트의 고질적인 불량을 추적할 수 있으며, 불량률의 근본 원인을 파악하여 그 원인을 제공할 수 있는 효과가 있다.

【0014】또한, 오브젝트 제조공정에서 양품과 불량품을 판단하는 지표를 제공하여 제조공정의 효율을 향상시킬 수 있고, 오브젝트의 품질 및 수율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0015】도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

도 4는 본 발명의 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0016】본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 도면에서 층 및 영역들의 크기 및 상대적인 크기는 설명의 명료성을 위해 과장된 것일 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.



【0017】 본 발명은 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현될 수 있고, 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, 플로피 디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있으며, 또한, 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

【0018】 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록 또는 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방식으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 또는 흐름도 각 단계에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 및 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

【0019】 또한, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 실시 예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들



또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

【0020】 후술하는 본 발명의 실시예는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템을 제공하기 위한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명의 실시예는 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 오브젝트로부터 획득한 이미지로부터 머신러닝을 통해 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화할 수 있는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템을 제공하기 위한 것이다. 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템은 오토인코더 알고리즘(AutoEncoder algorithm) 기반의 이미지 학습 모듈(Image learning module) 및 이상 탐지 모듈(Anomaly detection module)을 포함할 수 있다.

【0021】 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템에서 오브젝트로는 공지된 다양한 제품을 적용할 수 있다. 일례로, 오브젝트는 소정의 구조물 예컨대, 패턴이 형성된 웨이퍼일 수 있다. 그리고, 오브젝트로부터 이미지를 획득하기 위해 공지된 다양한 촬상수단을 활용할 수 있다. 일례로, 오브젝트로부터 획득한 이미지는 레이저, 가시광, 적외선 등 다양한 광원을 기반으로 촬영된 이미지일 수 있다. 다른 일례로, 오브젝트로부터 획득한 이미지는 SEM(Scanning Electron microscope), TEM(Transmission Electron Microscope), AFM(Atomic Force Microscope)과 같은 계측장비에서 촬영된 이미지일 수도 있다.

【0022】 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템에 대해 상세히 설명하기로 한다. 후술하는 실시예에서 원본 이미지는 오브젝트로부터 획득하여 이미지 이상 탐지 시스템에 입력되는 이미지를 지칭할 수 있으며, 정상 이미지 및 테스트 이미지를 포함할 수 있다. 이때, 정상 이미지는 양품인 제1오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 지칭할 수 있고, 테스트 이미지는 오브젝트의 불량 검출을 위해 제1오브젝트와 동일한 구성을 갖는 제2오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 지칭할 수 있다.

【0023】 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.

【0024】 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(10)은 이미지 학습 모듈(100) 및 이상 탐지 모듈(200)을 포함할 수 있다. 여기서, 제

1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(10)은 오브젝트로부터 획득한 그레이 스케일(Grayscale) 이미지 즉, 흑백 이미지를 대상으로 이상 여부를 탐지할 수 있다.

【0025】 이미지 학습 모듈(100)은 생성 모델(Generative model)을 기반으로 구성될 수 있다. 구체적으로, 이미지 학습 모듈(100)은 오토인코더 알고리즘(AutoEncoder algorithm)을 기반으로 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 제1실시예에 따른 이미지 학습 모듈(100)은 AAE(Adversarial AutoEncoder) 알고리즘을 기반으로 구성될 수 있다. AAE 알고리즘은 VAE(Variational AutoEncoder)와 GAN(Generative Adversarial Network)이 결합된 알고리즘을 지칭할 수 있다. AAE 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈(100)은 오토인코더 블록(AutoEncoder block, 102) 및 판별 블록(Discriminator block, 104)을 포함할 수 있다. 한편, 제1실시예의 변형예로서, 이미지 학습 모듈(100')은 VAE(Variational AutoEncoder) 알고리즘으로 기반으로 구성될 수도 있다. 즉, 제1실시예의 변형예에 따른 이미지 학습 모듈(100')은 오토인코더 블록(102)만으로 구성될 수도 있다.

【0026】 이미지 학습 모듈(100)에서 오토인코더 블록(102)은 대칭적 구조를 갖는 인코더 네트워크(Encoder network, 110) 및 디코더 네트워크(Decoder network, 120)를 포함할 수 있다. 즉, 오토인코더 블록(102)은 인코더 네트워크(110)와 디코더 네트워크(120)가 대칭적인 구조로 이루어진 신경망(Neural network)을 지칭할 수 있다. 오토인코더 블록(102)은 원본 이미지를 입력받아 인코더 네트워크(110)를 통해 원본 이미지를 저차원의 잠재 공간(Latent space)으로 축소(또는 압축)하고, 축소된 원본 이미지를 디코더 네트워크(120)를 통해 다시 원래의 차원(또는 사이즈)으로 복원하여 재건 이미지(Reconstruction image)를 출력할 수 있다. 여기서, 이미지의 차원은 이미지의 총 사이즈 또는 전체 픽셀수를 지칭할 수 있다. 예컨대, 원본 이미지가 가로 및 세로 각각 10개의 픽셀로 구성된 흑백 이미지인 경우 원본 이미지의 차원은 100차원일 수 있다. 또한, 원본 이미지가 가로 및 세로 각각 10개의 픽셀로 구성되고 RGB로 표현되는 컬러 이미지인 경우, 원본 이미지의 차원은 300차원일 수 있다.

【0027】 오토인코더 블록(102)은 차원 축소 및 복원 과정에서 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 차이를 줄이도록 학습할 수 있다. 다시 말해, 오토인코더 블록(102)은 차원 축소 및 복원 과정에서 재건 에러(Reconstruction Error)를 구해 원본 이미지와 재건 이

미지 사이의 차이를 줄이도록 인코더 네트워크(110) 및 디코더 네트워크(120)를 각각 학습시킬 수 있다. 이는, 비지도 학습(Unsupervised learning)을 지도 학습(Supervised learning)으로 바꾸어 해결하는 방식으로 오토인코더 블록(102)에 입력되는 원본 이미지와 오토인코더 블록(102)을 거쳐 출력되는 재건 이미지는 서로 동일한 사이즈를 가질 수 있다.

【0028】인코더 네트워크(110)는 둘 이상의 계층들(layers)로 구성될 수 있다. 인코더 네트워크(110)는 원본 이미지를 입력받아 원본 이미지로부터 주요한 특징을 잘 추려낼 수 있도록 학습하고, 고차원 원본 이미지를 저차원 잠재 공간으로 차원 축소시켜 잠재 벡터(Latent vector)를 출력할 수 있다. 잠재 벡터는 인코더 네트워크(110)를 거쳐 출력된 출력값으로 원본 이미지의 주요한 특징들을 포함하여 차원 축소된(또는 압축된) 벡터 형태의 값을 지칭할 수 있다. 한편, 잠재 벡터는 인코더 네트워크(110)에서 생성된 페이크 샘플(Fake sample)이라 지칭할 수도 있다.

【0029】디코더 네트워크(120)는 인코더 네트워크(110)와 마찬가지로 둘 이상의 계층들로 구성될 수 있다. 디코더 네트워크(120)는 학습 데이터 즉, 재건 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있고, 원본 이미지와 매우 유사한 재건 이미지를 생성하도록 학습될 수 있다. 다시 말해, 디코더 네트워크(120)는 잠재 벡터를 입력받아 원본 이미지와 동일한 차원으로 복원된 재건 이미지를 생성 및 출력하는 역할을 수행할 수 있다.

【0030】제1실시예에 따른 이미지 학습 모듈(100)은 이미지 이상 탐지가 용이하도록 손쉽게 구할 수 있는 다수의 정상 이미지들만을 활용하여 학습될 것일 수 있다. 즉, 다수의 정상 이미지들만을 활용하여 오토인코더 블록(102) 및 판별 블록(104)를 학습시킬 수 있다. 다수의 정상 이미지들만을 활용하여 오토인코더 블록(102)을 학습시키면, 오토인코더 블록(102)은 정상 이미지로부터 주요한 특징들을 잘 추출해 낼 수 있는 능력을 가질 수 있게 된다. 이를 통해, 학습된 오토인코더 블록(102)에 입력된 테스트 이미지와 오토인코더 블록(102)을 거쳐 생성된 재건 이미지 사이의 차이를 통해 정상 또는 비정상을 판단할 수 있다. 이때, 제1실시예에 따른 오토인코더 블록(102)은 정상 이미지만으로 학습되었기 때문에 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 입력되는 테스트 이미지가 정상일 경우 즉, 검사 대상인 오브젝트가 양품일 경우에는 이미지를 잘 재건해낼 수 있어서 테스트 이미지와 거의 차이가 없는 재건 이미지를 생성할 수 있다. 반면, 테스트 이미지가 비정상일 경우 즉, 검

사 대상인 오브젝트가 불량일 경우에는 비정상 이미지가 학습되지 않았기 때문에 테스트 이미지와 재건 이미지 사이에 큰 차이가 발생할 수 밖에 없다. 즉, 제1실시예에 따른 이미지 학습 모듈(100)은 상술한 원리를 바탕으로 정상 이미지만을 활용하여 학습된 것이기 때문에 사전에 정의되어 있지 않은 불량들도 효과적으로 탐지할 수 있다.

【0031】 오토인코더 블록(102)은 가우시안 분포(Gaussian distribution)를 가정하여 추정하는 경우 학습은 용이하지만, 실제 정규분포를 따르지 않는 경우에는 성능이 저하될 수 있다. 판별 블록(104)은 상술한 오토인코더 블록(102)의 성능 저하를 방지하기 위한 것으로, 사전 분포 유닛(Prior Distribution unit, 130) 및 판별 네트워크(Discriminator network, 140)를 포함할 수 있다.

【0032】 사전 분포 유닛(130)은 기 설정된 확률분포에서 리얼 샘플(Real sample)을 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 여기서, 기 설정된 확률분포는 정규분포와 같이 프로세싱이 용이한 확률분포일 수 있다. 참고로, 사전 분포 유닛(130)은 원본 이미지를 입력받지 않고, 기 설정된 확률분포에서 리얼 샘플을 추출할 수 있다. 리얼 샘플은 원본 이미지에 상응하는 것이지만, 원본 이미지를 입력 받는 대신에 사용자가 원하는 분포 즉, 기 설정된 확률분포로부터 추출한 임의의 값을 지칭할 수 있다. 이처럼, 사전 분포 유닛(130)에서 기 설정된 확률분포로부터 리얼 샘플을 추출한 후, 판별 네트워크(140)를 통해 학습함으로써 기 설정된 확률분포를 따르게 되어 특정 분포를 강제시킬 수 있다.

【0033】 판별 네트워크(140)는 인코더 네트워크(110)에서 출력된 잠재 벡터를 검사하여 원하는 형태의 확률분포로 강제하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 판별 네트워크(140)는 특정 확률분포를 전제하지 않고, 인코더 네트워크(110)에서 출력된 잠재 벡터 즉, 페이크 샘플의 분포가 사전 분포 유닛(130)에서 출력된 리얼 샘플의 분포를 따르도록 학습하여 이미지 학습 모듈(100)의 성능을 향상시킬 수 있다. 이를 위해, 판별 네트워크(140)는 사전 분포 유닛(130) 및 인코더 네트워크(110)에서 각각 출력된 리얼 샘플 및 페이크 샘플을 랜덤하게 입력받아 판별 네트워크(140)에 입력된 샘플이 리얼 또는 페이크인지를 잘 구분하도록 판별 손실(Discriminator loss)을 바탕으로 학습할 수 있다. 이때, 판별 손실을 바탕으로 판별 네트워크(140) 자체를 학습시킴과 동시에 판별 네트워크(140)에 페이크 샘플을 제공하는 인코더 네트워크(110)를 추가적으로 학습시켜 이미지 학습 모듈(100)의 성능을 더욱더 향상시킬 수 있다. 여기서, 판별 네트워크(140)의 출력값인 판별 손실

은 머신러닝에서 학습을 위해 정의한 척도로서 예측한 값이 실제 값과 차이가 크면 손실이 크게 발생하고, 그 차이가 적으면 손실이 작게 발생하도록 손실 함수(Loss function)을 디자인하여 학습의 가중치를 부여하는 메트릭(Metric)을 지칭할 수 있다. 판별 네트워크(140)에서 사용자가 직접적인 척도를 정의하여 줄 수도 있지만, 직접적인 척도를 정의하기 어려운 상황에서는 손실 함수 또는 에러 함수(Error function)를 이용하여 정의할 수 있다.

【0034】 상술한 바와 같이, 제1실시예에 따른 이미지 학습 모듈(100)은 둘 이상의 계층들로 구성된 인코더 네트워크(110) 및 둘 이상의 계층들로 구성된 디코더 네트워크(120)를 포함하는 오토인코더 블록(102)을 구비함으로써, 로버스트(Robust)하게 학습이 가능하다는 이점이 있다. 또한, 오토인코더 블록(102)과 더불어서 판별 블록(104)을 구비함으로써 리얼 샘플(또는 원본 이미지)과 페이크 샘플(또는 재건 이미지)를 구분하기 어려울 정도로 정교하게 학습이 가능하다는 이점이 있다. 이처럼, 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(10)은 정상 이미지만을 활용하여 정교하게 학습된 이미지 학습 모듈(100)을 구비함으로써, 원본 이미지에 상응하는 재건 이미지를 생성함과 동시에 두 이미지 사이의 차이를 바탕으로 효과적인 이미지 이상 탐지가 가능하다.

【0035】 제1실시예에 따른 이상 탐지 모듈(200)은 이미지 학습 모듈(100)로부터 원본 이미지 및 원본 이미지에 상응하는 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지에서 비정상적인 부분만 검출하여 시각화 및 수치화할 수 있다. 구체적으로, 이상 탐지 모듈(200)은 원본 이미지 및 원본 이미지가 이미지 학습 모듈(100)을 거쳐 출력된 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지에서 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화된 이상 이미지를 생성할 수 있다. 또한, 이상 탐지 모듈(200)은 이상 이미지를 바탕으로 사용자가 정상 또는 비정상을 용이하게 판단할 수 있도록 이상 이미지를 수치화한 이상 수치를 생성할 수 있다. 즉, 이상 탐지 모듈(200)은 원본 이미지 및 재건 이미지로부터 오브젝트의 불량을 객관적이고, 신속 정확하게 검출하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 원본 이미지로 오브젝트로부터 획득한 그레이 스케일 이미지를 사용함에 따라 이상 탐지 모듈(200)은 차동 이미지 생성부(Differential image generator, 210), 평균 맵 생성부(Average map generator, 220), 주의 맵 생성부(Attention map generator, 230), 이미지 연산부(Image calculation unit, 240), 이상 이미지 생성부(Anomaly image generator, 250) 및 이상 수치 산출부

(Anomaly score calculation unit, 260)를 포함할 수 있다.

【0036】차동 이미지 생성부(210)는 원본 이미지 및 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지(Differential image)를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 두 이미지 사이의 휘도(luminance, l), 명암(contrast, c) 및 구조(structure, s)의 차이를 계산할 수 있는 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출할 수 있다. 차동 이미지 생성부(210)에 입력되는 원본 이미지는 테스트 이미지 및 다수의 정상 이미지들을 포함할 수 있다.

【0037】SSIM은 아래 수학적 식 1과 같이 정의할 수 있다. 한편, 수학적 식 1은 공지된 수식인바, 여기서는 수식 및 변수에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

【0038】

【수학적 식 1】

$$SSIM(x,y)=[l(x,y)]^{\alpha} \cdot [c(x,y)]^{\beta} \cdot [s(x,y)]^{\gamma}$$

【0039】한편, 차동 이미지 생성부(210)는 다수의 원본 이미지들 각각에 대응하는 다수의 차동 이미지들에서 유사한 차동 이미지들끼리 클러스터링하여 가중치를 부여하는 클러스터링 유닛(Clustering unit, 212)을 더 포함할 수 있다. 차동 이미지 생성부(210)로 입력되는 다수의 원본 이미지들 및 이에 상응하는 다수의 재건 이미지들 각각의 분포가 다양하거나, 다수의 원본 이미지들 및 이에 상응하는 다수의 재건 이미지들 각각이 오브젝트의 미세(micro) 영역에 대응하는 경우에 클러스터링을 진행하여 이상 탐지 모듈(200)의 성능을 향상시킬 수 있다. 다수의 차동 이미지들에 대한 최적 클러스터 개수는 RBF(Radial Basis Function)의 Kernel PCA(Kernel principal component analysis)를 사용하여 차원 축소, GMM(Gaussian Mixture Model)을 사용하여 차동 이미지의 클러스터링을 수행 및 BIC(Bayesian Information Criterion)를 기준으로 최적의 클러스터를 확인하는 일련의 과정을 통해 산출할 수 있다. 반면, 차동 이미지 생성부(210)로 입력되는 다수의 원본 이미지들 및 이에 대응하는 다수의 재건 이미지들 각각의 분포가 다양하지 않고, 일정한 경우에는 다수의 원본 이미지들 각각에 대응하는 다수의 차동 이미지들에 대한 클러스터링을 생략(skip)할 수도 있다.

【0040】평균 맵 생성부(220)는 다수의 원본 이미지들을 입력받아 공통된 공간상의 정보

가 반영된 평균 맵을 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 평균 맵은 다수의 원본 이미지들을 픽셀단위(Pixelwise)로 평균화하여 생성할 수 있다. 구체적으로, 평균 맵 생성부(220)는 다수의 원본 이미지들로부터 동일한 위치의 픽셀값을 평균화하여 공통영역의 가중치를 계산하고, 이를 통해 다수의 원본 이미지 각각에서 동일하게 나타하는 패턴 즉, 공통된 공간상의 정보를 반영된 평균 맵을 생성할 수 있다. 여기서, 평균 맵 생성부(220)에 입력되는 다수의 원본 이미지들은 양품인 오브젝트들 각각으로부터 획득한 다수의 정상 이미지들일 수 있다. 즉, 평균 맵은 다수의 정상 이미지들로부터 산출된 것일 수 있다.

【0041】 평균 맵은 아래 수학식 2를 바탕으로 생성할 수 있다.

【0042】

【수학식 2】

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

【0043】 여기서, 'M'는 평균 맵, 'n'은 평균 맵 생성부(220)로 입력되는 원본 이미지의 개수, 'x_i'는 원본 이미지를 지칭할 수 있다.

【0044】 주의 맵 생성부(230)는 평균 맵에서 구할 수 없는 다수의 정상 이미지들 사이에서 나타나는 편차(Variation)를 반영하기 위한 것으로, 정상적인 부분은 제외하고, 비정상적인 부분만을 검출하는 역할을 수행할 수 있다. 다시 말해, 주의 맵 생성부(230)는 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 구체적으로, 주의 맵 생성부(230)는 차동 이미지 생성부(210)로부터 다수의 차동 이미지들을 입력받아 다수의 차동 이미지들을 픽셀단위로 평균화하여 주의 맵을 생성할 수 있다. 여기서, 주의 맵 생성부(230)로 입력되는 다수의 차동 이미지들은 이미지 학습 모듈(100)을 학습시키기 위해 사용된 다수의 정상 이미지들 및 이에 대응하는 다수의 재건 이미지들로부터 SSIM을 통해 산출된 것일 수 있다. 즉, 주의 맵은 다수의 정상 이미지들로부터 산출된 것일 수 있다.

【0045】 주의 맵은 아래 수학식 3을 바탕으로 생성할 수 있다.

【0046】

【수학식 3】

$$A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SSIM(x_i, x'_i)$$

【0047】여기서, 'A'는 주의 맵, 'n'은 주의 맵 생성부(230)로 입력되는 차동 이미지의 개수, ' x_i '는 정상 이미지, ' x'_i '는 정상 이미지에 상응하는 재건 이미지를 지칭할 수 있다.

【0048】이미지 연산부(240)는 차동 이미지, 평균 맵 및 주의 맵을 입력받아 연산 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 연산 이미지는 가중 합산 이미지(Weighted sum image)를 포함할 수 있다. 가중 합산 이미지는 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 구조적 유사성이 반영된 차동 이미지에 공통된 공간상의 정보가 반영된 평균 맵 및 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵 각각에 가중치를 부여한 후, 합산하여 생성할 수 있다. 여기서, 차동 이미지, 평균 맵 및 주의 맵 각각의 가중치는 이상 탐지 성능의 기반이 되는 이상 이미지 생성시 조합을 위한 사용자의 임의 설정값으로 각각의 이미지에 부여되는 가중치의 총 합은 1일 수 있다 ($\alpha + \beta + \gamma = 1$). 이는, 기존 스케일을 유지하기 위한 것으로, 가중치의 총 합은 1 이하이거나, 또는 1 이상일 수도 있다. 즉, 가중 합산 이미지를 생성하는 과정에서 가중치는 사용자가 원하는 이상 이미지를 생성하기 위해 조건에 따라 최적화가 필요한 변수일 수 있다.

【0049】가중 합산 이미지는 아래 수학식 4에 따라 생성할 수 있다.

【0050】

【수학식 4】

$$x'' = \alpha \cdot SSIM + \beta \cdot SSIM \cdot A + \gamma \cdot M$$

【0051】여기서, ' x'' '은 가중 합산 이미지, ' $\alpha \cdot SSIM$ '는 가중치가 부여된 차동 이미지, ' $\beta \cdot SSIM \cdot A$ '는 가중치가 부여된 주의 맵, ' $\gamma \cdot M$ '은 가중치가 부여된 평균 맵을 지칭할 수 있다.

【0052】이상 이미지 생성부(250)는 연산 이미지 예컨대, 가중 합산 이미지를 입력받아 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 가중 합산 이미지를 비교하여 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 이상 이미지 생성부(250)는

가중 합산 이미지에서 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성할 수 있다. 즉, 이상 이미지 생성부(250)에서 출력되는 이상 이미지는 비정상적인 부분만 음영이 나타날 수 있다.

【0053】 이상 수치 산출부(260)는 관리의 편의성을 향상시키기 위한 것으로, 이상 이미지를 입력받아 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 이미지 이상 정도를 수치로 표현할 수 있다. 이때, 이상 수치 산출부(260)는 이상 이미지에서 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 전체 픽셀의 개수로 나눠서 이상 수치를 산출할 수 있다. 여기서, 이상 수치 산출시 단순히 이상 이미지의 평균값을 사용하는 경우에는 특이점이 있는 경우와 전체적으로 미세하게 차이가 나는 경우의 변별력이 저하될 수 있다. 이를 방지하기 위해, 제1실시예에 따른 이상 수치 산출부(260)는 이상 수치 산출시 밀도(Density) 개념을 도입하여 가중치를 부여할 수 있다. 이때, 밀도는 이상 이미지 상에서 카운트된 픽셀의 개수 즉, 제2기준값 이상인 픽셀의 개수를 전체 픽셀의 개수로 산출하는 것을 지칭할 수 있다. 이를 통해, 이상 수치의 변별력을 향상시킬 수 있다.

【0054】 한편, 이상 이미지 생성부(250) 및 이상 수치 산출부(260)에서 기 설정된 제1기준값 및 제2기준값은 각각 0 내지 1 범위내에서 사용자가 원하는 임의의 값으로 설정될 수 있다. 기준값에 따라 정상 또는 비정상이 바뀌기 때문에 기준값을 낮게 설정하면 조그마한 이상도 탐지가 되어 민감하게 동작할 수 있고, 기준값을 높게 설정하면 이상이 심각한 경우에만 탐지가 되기 때문에 트레이드 오프(Trade-off) 관계가 성립될 수 있다.

【0055】 상술한 바와 같이, 본 발명의 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(10)은 오브젝트에서 획득한 원본 이미지로부터 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화하여 사용자에게 제공함으로써 오브젝트의 불량률 효과적으로 검출할 수 있다. 또한, 오브젝트의 고질적인 불량률 추적할 수 있으며, 불량률의 근본 원인을 파악하여 그 원인을 제공할 수 있다. 또한, 오브젝트 제조공정에서 양품과 불량품을 판단하는 지표를 제공하여 제조공정의 효율을 향상시킬 수 있고, 오브젝트의 품질 및 수율을 향상시킬 수 있다.

【0056】 도 2는 본 발명 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다. 이하에서는, 설명의 편의를 위해 제1실시예와 동일한 구성에 대해서는 동일한 도면부호를 사용하며, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

【0057】도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20)은 이미지 학습 모듈(300) 및 이상 탐지 모듈(200)을 포함할 수 있다. 여기서, 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20)은 오브젝트로부터 획득한 그레이 스케일 이미지 즉, 흑백 이미지를 대상으로 이상 여부를 탐지할 수 있다.

【0058】제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20)에서 이상 탐지 모듈(200)은 제1실시예에서 설명한 이상 탐지 모듈(200)과 동일할 수 있다. 즉, 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20)은 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20) 대비 이미지 학습 모듈(300)만 상이할 수 있다. 따라서, 제2실시예에서는 이상 탐지 모듈(200)에 대한 상세한 설명을 생략하기로 한다.

【0059】제2실시예에 따른 이미지 학습 모듈(300)은 생성 모델을 기반으로 구성될 수 있다. 구체적으로, 이미지 학습 모듈(300)은 오토인코더 알고리즘을 기반으로 구성될 수 있다. 보다 구체적으로, 제2실시예에 따른 이미지 학습 모듈(300)은 SDAE(Stacked Denoising AutoEncoder) 알고리즘을 기반으로 구성될 수 있다.

【0060】SDAE 알고리즘을 기반으로 구성된 이미지 학습 모듈(300)은 노이즈 가산 유닛(Noise adding unit, 310), 다수의 계층들(321, 322, 323)이 직렬로 연결된 인코더 네트워크(320) 및 인코더 네트워크(320)와 대칭적인 구조를 갖고, 다수의 계층들(331, 332, 333)이 직렬로 연결된 디코더 네트워크(330)을 포함할 수 있다. 제2실시예에서는 인코더 네트워크(320)는 제1계층(321) 내지 제n계층(323, n은 자연수)이 순차적으로 직렬 연결된 경우를 예시하였고, 제1계층(321)에서 제n계층(323) 방향으로 점차 차원이 축소될 수 있다. 그리고, 디코더 네트워크(330)는 제1계층(331) 내지 제n계층(333)이 순차적으로 직렬 연결된 경우를 예시하였고, 제1계층(321)에서 제n계층(333) 방향으로 점차 원본 이미지에 가깝도록 차원이 복원될 수 있다. 여기서, 인코더 네트워크(320) 내 계층들의 개수와 디코더 네트워크(330) 내 계층들의 개수는 서로 동일하거나, 또는 서로 상이할 수 있다.

【0061】노이즈 가산 유닛(310)은 원본 이미지를 입력받아 랜덤하게 생성된 노이즈를 원본 이미지에 가산하여 노이즈 가산 이미지(Noise addition image)를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 원본 이미지에 가산되는 노이즈는 다양한 방법으로 생성할 수 있다. 다수의 계층들(321, 322, 323)이 직렬로 연결된 인코더 네트워크(320)는 노이즈 가산 이미지를 입력받아 노이즈 가산 이미지로부터 주요한 특징을 잘 추려낼 수 있도록 학습하

고, 고차원 노이즈 가산 이미지를 저차원 잠재 공간으로 차원 축소시켜 잠재 벡터를 출력할 수 있다. 다수의 계층들(331, 332, 333)이 직렬로 연결된 디코더 네트워크(330)는 학습 데이터 즉, 재건 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있고, 원본 이미지와 유사한 재건 이미지를 생성하도록 학습될 수 있다.

【0062】 제2실시예에 따른 이미지 학습 모듈(300)은 노이즈 가산 이미지를 대상으로 다수의 계층들(321, 322, 323)이 직렬로 연결된 인코더 네트워크(320) 및 다수의 계층들(331, 332, 333)이 직렬로 연결된 디코더 네트워크(330)를 이용하여 차원 축소 및 복원을 진행함으로써, 이미지 학습 모듈(300)의 성능을 향상시킬 수 있다.

【0063】 도 3은 본 발명의 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다. 이하에서는, 설명의 편의를 위해 제1실시예와 동일한 구성에 대해서는 동일한 도면부호를 사용하며, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

【0064】 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(30)은 이미지 학습 모듈(100) 및 이상 탐지 모듈(400)을 포함할 수 있다. 여기서, 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템은 오브젝트로부터 획득한 컬러 이미지(Color image)를 대상으로 이상 여부를 탐지할 수 있다. 컬러 이미지는 레드 채널(Red channel), 그린 채널(Green channel) 및 블루 채널(Blue channel)로 구성된 것일 수 있다.

【0065】 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(30)에서 이미지 학습 모듈(100)은 제1실시예에 따른 이미지 학습 모듈(100)과 동일할 수 있다. 즉, 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(30)은 제1실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(10) 대비 이상 탐지 모듈(400)만 상이할 수 있다. 따라서, 제3실시예에서는 이미지 학습 모듈(100)에 대한 상세한 설명을 생략하기로 한다.

【0066】 제3실시예에 따른 이상 탐지 모듈(200)은 이미지 학습 모듈(100)로부터 원본 이미지 및 원본 이미지에 상응하는 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지에서 비정상적인 부분만 검출하여 시각화 및 수치화할 수 있다. 구체적으로, 이상 탐지 모듈(400)은 원본 이미지 및 원본 이미지가 이미지 학습 모듈(100)을 거쳐 출력된 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지에서 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화된 이상 이미지를 생성할 수 있다. 또한, 이상 탐지 모듈(400)은 이상 이미지를 바탕으로 사용자가 정상 또는 비정상을 용

이하에 판단할 수 있도록 이상 이미지를 수치화한 이상 수치를 생성할 수 있다. 즉, 이상 탐지 모듈(400)은 원본 이미지 및 재건 이미지로부터 오브젝트의 불량을 객관적이고, 신속 정확하게 검출하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 원본 이미지로 오브젝트로부터 획득된 컬러 이미지를 사용함에 따라 이상 탐지 모듈(400)은 차동 이미지 생성부(Differential image generator, 410), 풀링 이미지 생성부(Pooling image generator, 420), 융합 이미지 생성부(Blended image generator, 430), 주의 이미지 생성부(Attention image generator, 440), 이미지 연산부(Image calculation unit, 450), 이상 이미지 생성부(Anomaly image generator, 460) 및 이상 수치 산출부(Anomaly score calculation unit, 470)를 포함할 수 있다.

【0067】 차동 이미지 생성부(410)는 원본 이미지 및 재건 이미지를 입력받아 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 원본 이미지와 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 두 이미지 사이의 휘도(luminance, l), 명암(contrast, c) 및 구조(structure, s)의 차이를 계산할 수 있는 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출할 수 있다. 차동 이미지 생성부(410)에 입력되는 원본 이미지는 테스트 이미지 및 다수의 정상 이미지들을 포함할 수 있다.

【0068】 한편, 차동 이미지 생성부(410)는 다수의 원본 이미지들 각각에 대응하는 다수의 차동 이미지들에서 유사한 차동 이미지들끼리 클러스터링하여 가중치를 부여하는 클러스터링 유닛(Clustering unit, 412)을 더 포함할 수 있다. 차동 이미지 생성부(410)로 입력되는 다수의 원본 이미지들 및 이에 대응하는 다수의 재건 이미지들 각각의 분포가 다양하거나, 다수의 원본 이미지들 및 이에 대응하는 다수의 재건 이미지들 각각이 오브젝트의 미세(micro) 영역에 대응하는 경우에 클러스터링을 진행하여 이상 탐지 모듈(400)의 성능을 향상시킬 수 있다. 다수의 차동 이미지들에 대한 최적 클러스터 개수는 RBF(Radial Basis Function)의 Kernel PCA(Kernel principal component analysis)를 사용하여 차원 축소, GMM(Gaussian Mixture Model)을 사용하여 차동 이미지의 클러스터링을 수행 및 BIC(Bayesian Information Criterion)를 기준으로 최적의 클러스터를 확인하는 일련의 과정을 통해 산출할 수 있다. 반면, 차동 이미지 생성부(410)로 입력되는 다수의 원본 이미지들 및 이에 대응하는 다수의 재건 이미지들 각각의 분포가 다

양하지 않고, 일정한 경우에는 다수의 원본 이미지들 각각에 대응하는 다수의 차동 이미지에 대한 클러스터링을 생략할 수도 있다.

【0069】 풀링 이미지 생성부(420)는 차동 이미지를 입력받아 풀링 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 풀링 이미지를 생성하기 위해 풀링 이미지 생성부(420)로 입력되는 차동 이미지는 테스트 이미지에 대응하는 차동 이미지일 수 있다. 구체적으로, 풀링 이미지 생성부(420)는 평균 풀링 이미지 생성부(Average pooling image generator, 422), 최대 풀링 이미지 생성부(Max pooling image generator, 424) 및 표준편차 풀링 이미지 생성부(Standard deviation pooling image generator, 426)를 포함할 수 있다.

【0070】 평균 풀링 이미지 생성부(422)는 차동 이미지를 입력받아 픽셀단위로 각 색상별 차이 즉, 채널별 차이를 평균화하여 모든 채널에서 공통적 공간상의 정보가 반영된 평균 풀링 이미지(Average pooling image)를 생성할 수 있다. 최대 풀링 이미지 생성부(424)는 차동 이미지를 입력받아 픽셀단위로 각 채널에서 가장 큰 차이가 나는 값을 대표값으로 반영하여 최대 풀링 이미지(Max pooling image)를 생성할 수 있다. 그리고, 표준편차 풀링 이미지 생성부(426)는 색상의 변화가 큰 것을 감지할 수 있도록 각 채널간 표준편차값을 계산하여 채널별로 차이가 나는 부분이 반영된 표준편차 풀링 이미지(Standard deviation pooling image)를 생성할 수 있다. 한편, 평균 풀링 이미지 생성부(422), 최대 풀링 이미지 생성부(424) 및 표준편차 풀링 이미지 생성부(426) 각각에서 채널은 단위 색상을 지칭하는 것으로 레드 채널, 그린 채널 및 블루 채널을 포함할 수 있다.

【0071】 융합 이미지 생성부(430)는 풀링 이미지 생성부(420)에서 생성된 풀링 이미지들 즉, 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 및 표준편차 풀링 이미지를 입력받아 이들을 융합하여 융합 이미지(Blended image)를 생성할 수 있다. 이때, 융합 이미지 생성부(430)는 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 및 표준편차 풀링 이미지 각각에 가중치를 부여한 후, 합산하여 융합 이미지를 생성할 수 있다. 여기서, 가중치는 사용자의 임의 설정값일 수 있다. 즉, 사용자의 임의 설정값에 따라 융합 이미지는 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 및 표준편차 풀링 이미지 모두가 소정의 비율로 합산된 것일 수도 있고, 또는 이들 중 선택된 두 개의 이미지가 소정의 비율로 합산된 것일 수도 있다. 또한, 융합 이미지는 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 또는 표준편차 풀링 이미지 중 어느 하나일 수도 있다.

【0072】 주의 이미지 생성부(440)는 다수의 정상 이미지들 사이에서 나타나는 편차 (Variation)를 반영하기 위한 것으로, 정상적인 부분은 제외하고, 비정상적인 부분만을 검출하는 역할을 수행할 수 있다. 구체적으로, 주의 이미지 생성부(440)는 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보를 반영된 주의 맵을 생성하고, 입력받은 융합 이미지에 생성된 주의 맵의 가중치를 반영하여 주의 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 즉, 주의 이미지는 입력받은 테스트 이미지에 대응하는 융합 이미지에 주의 맵의 가중치를 곱하여 생성할 수 있다. 주의 이미지 생성부(440)에서 주의 맵은 차동 이미지 생성부(410)로부터 다수의 차동 이미지들을 입력받아 다수의 차동 이미지들을 픽셀단위로 평균화하여 생성할 수 있다. 여기서, 주의 맵을 생성하기 위한 다수의 차동 이미지들은 이미지 학습 모듈(100)을 학습시키기 위해 사용된 다수의 정상 이미지들 및 이에 상응하는 다수의 재건 이미지들로부터 SSIM을 통해 산출된 것일 수 있다.

【0073】 이미지 연산부(450)는 주의 이미지를 배율이 조절된 연산 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 주의 이미지의 배율을 조절하기 위해 이미지 연산부(450)는 곱셈기 (Multiplier)를 포함할 수 있고, 연산 이미지는 주의 이미지의 배율이 조절된 멀티플라이드 이미지(Multiplied image)를 포함할 수 있다.

【0074】 이상 이미지 생성부(460)는 멀티플라이드 이미지를 입력받아 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 멀티플라이드 이미지를 비교하여 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 이상 이미지 생성부(460)는 멀티플라이드 이미지에서 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성할 수 있다. 즉, 이상 이미지 생성부(460)에서 출력되는 이상 이미지는 비정상적인 부분만 음영이 나타날 수 있다.

【0075】 이상 수치 산출부(470)는 관리의 편의성을 향상시키기 위한 것으로, 이상 이미지를 입력받아 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 이미지 이상 정도를 수치로 표현할 수 있다. 이때, 이상 수치 산출부(470)는 이상 이미지에서 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 전체 픽셀의 개수로 나눠서 이상 수치를 산출할 수 있다. 여기서, 이상 수치 산출시 단순히 이상 이미지의 평균값을 사용하는 경우에는 특이점이 있는 경우와 전체적으로 미세하게 차이가 나는 경우의 변별력이 저하될 수 있다. 이를 방지하기 위해, 제3실시예에 따른 이상 수치 산출부(470)는 이상 수치 산출시 밀

도(Density) 개념을 도입하여 가중치를 부여할 수 있다. 이때, 밀도는 이상 이미지 상에서 카운트된 픽셀의 개수 즉, 제2기준값 이상인 픽셀의 개수를 전체 픽셀의 개수로 산출하는 것을 지칭할 수 있다. 이를 통해, 이상 수치의 변별력을 향상시킬 수 있다.

【0076】 한편, 이상 이미지 생성부(460) 및 이상 수치 산출부(470)에서 기 설정된 제1기준값 및 제2기준값은 각각 0 내지 1 범위내에서 사용자가 원하는 임의의 값으로 지정될 수 있다. 기준값에 따라 정상 또는 비정상이 바뀌기 때문에 기준값을 낮게 설정하면 조그마한 이상도 탐지가 되어 민감하게 동작할 수 있고, 기준값을 높게 설정하면 이상이 심각한 경우에만 탐지가 되기 때문에 트레이드 오프(Trade-off) 관계가 성립될 수 있다.

【0077】 상술한 바와 같이, 본 발명의 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(30)은 오브젝트에서 획득한 원본 이미지로부터 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화하여 사용자에게 제공함으로써 오브젝트의 불량률 효과적으로 검출할 수 있다. 또한, 오브젝트의 고질적인 불량률 추적할 수 있으며, 불량률의 근본 원인을 파악하여 그 원인을 제공할 수 있다. 또한, 오브젝트 제조공정에서 양품과 불량품을 판단하는 지표를 제공하여 제조공정의 효율을 향상시킬 수 있고, 오브젝트의 품질 및 수율을 향상시킬 수 있다.

【0078】 도 4는 본 발명의 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템의 구성을 도시한 블록도이다. 이하에서는, 설명의 편의를 위해 제2실시예 및 제3실시예와 동일한 구성에 대해서는 동일한 도면부호를 사용하며, 상세한 설명을 생략하기로 한다.

【0079】 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(40)은 이미지 학습 모듈(300) 및 이상 탐지 모듈(400)을 포함할 수 있다. 여기서, 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템은 오브젝트로부터 획득한 컬러 이미지를 대상으로 이상 여부를 탐지할 수 있다. 컬러 이미지는 레드 채널, 그린 채널 및 블루 채널로 구성된 것일 수 있다.

【0080】 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(40)에서 이미지 학습 모듈(300)은 제2실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(20)의 이미지 학습 모듈(300)과 동일할 수 있다. 그리고, 제4실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(40)에서 이상 탐지 모듈(400)은 제3실시예에 따른 이미지 이상 탐지 시스템(30)의 이상 탐지 모듈(400)과 동일할 수 있다. 즉, 상술한 실시예들의 조합을 통하여 다양한 구조를 갖는 이미지 이상 탐지 시스템을



구현할 수 있다.

【0081】 이상 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

【부호의 설명】

【0082】 10, 20, 30, 40 : 이미지 이상 탐지 시스템

100, 300 : 이미지 학습 모듈 200, 400 : 이상 탐지 모듈

110, 320 : 인코더 네트워크 120, 330 : 디코더 네트워크

130 : 사전 분포 유닛 140 : 판별 네트워크

210, 410 : 차동 이미지 생성부 212, 412 : 클러스터링 유닛

220 : 평균 맵 생성부 230 : 주의 맵 생성부

240, 450 : 이미지 연산부 250, 460 : 이상 이미지 생성부

260, 470 : 이상 수치 산출부 310 : 노이즈 가산 유닛

420 : 풀링 이미지 생성부 430 : 융합 이미지 생성부

440 : 주의 이미지 생성부



【청구범위】

【청구항 1】

오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 입력받아 재건 이미지를 출력하는 오토인코더 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈;
상기 원본 이미지 및 상기 재건 이미지를 입력받아 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 차동 이미지 생성부;
상기 원본 이미지를 입력받아 공통된 공간상의 정보가 반영된 평균 맵을 생성하는 평균 맵 생성부;
상기 차동 이미지를 입력받아 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하는 주의 맵 생성부;
상기 차동 이미지, 상기 평균 맵 및 상기 주의 맵을 입력받아 연산 이미지를 생성하는 이미지 연산부;
상기 연산 이미지를 입력받아 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 이상 이미지 생성부; 및
상기 이상 이미지를 입력받아 상기 이상 이미지의 이상 정도를 수치화한 이상 수치를 생성하는 이상 수치 산출부를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 2】

제1항에 있어서,
상기 차동 이미지 생성부는 다수의 상기 차동 이미지에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 유닛을 더 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 3】

제1항에 있어서,
상기 원본 이미지는 그레이 스케일 이미지를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 4】

제1항에 있어서,



상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고, 상기 이미지 학습 모듈은 다수의 상기 정상 이미지를 활용하여 학습되는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

상기 원본 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및

상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 갖고, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 6】

제5항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

기 설정된 확률분포로부터 리얼 샘플을 생성하는 사전 분포 유닛; 및

상기 리얼 샘플 및 상기 인코더 네트워크에서 생성된 페이크 샘플을 랜덤하게 입력받아 입력된 샘플이 리얼 또는 페이크인지 구분하도록 판별 손실을 바탕으로 자신과 상기 인코더 네트워크를 학습시키는 판별 네트워크를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

상기 원본 이미지를 입력받아 랜덤하게 생성한 노이즈를 상기 원본 이미지에 가산하여 노이즈 가산 이미지를 생성하는 노이즈 가산 유닛;

직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 노이즈 가산 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및

직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 가지며, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미



지를 생성하는 디코더 네트워크
를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 8】

제1항에 있어서,
상기 차동 이미지 생성부에서 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 9】

제1항에 있어서,
상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고, 상기 평균 맵 생성부는 다수의 상기 정상 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 평균 맵을 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 10】

제1항에 있어서,
상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고, 상기 주의 맵 생성부는 다수의 상기 정상 이미지 각각에 대응하는 다수의 상기 차동 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 주의 맵을 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 11】

제1항에 있어서,
상기 원본 이미지는 상기 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 상기 오브젝트로부터 획득한 테스트 이미지 및 양품인 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고,
상기 연산 이미지는 가중 합산 이미지를 포함하며, 상기 가중 합산 이미지는 상기 테스트 이미지에 대응하는 상기 차동 이미지, 다수의 상기 정상 이미지로부터 산출된 상기 평균 맵 및 다수의 상기 정상 이미지로부터 산출된 상기 주의 맵 각각에 가중치를 부여한 후, 합산하여 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 12】

제1항에 있어서,

상기 이상 이미지 생성부는 상기 연산 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 비교하여 상기 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 상기 이상 이미지를 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 13】

제1항에 있어서,

상기 이상 수치 산출부는 상기 이상 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 상기 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 상기 이상 이미지의 전체 픽셀로 나눠 상기 이상 수치를 산출하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 14】

오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 입력받아 재건 이미지를 출력하는 오토인코더 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈;

상기 원본 이미지 및 상기 재건 이미지를 입력받아 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 차동 이미지 생성부;

상기 차동 이미지를 입력받아 평균 풀링 이미지, 최대 풀링 이미지 및 표준편차 풀링 이미지를 각각 생성하는 풀링 이미지 생성부;

상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지 및 상기 표준편차 풀링 이미지를 합산하여 융합 이미지를 생성하는 융합 이미지 생성부;

물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하고, 생성된 상기 주의 맵을 상기 융합 이미지에 반영하여 주의 이미지를 생성하는 주의 이미지 생성부;

상기 주의 이미지의 배율이 조절된 연산 이미지를 생성하는 이미지 연산부;

상기 연산 이미지를 입력받아 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 이상 이미지 생성부; 및

상기 이상 이미지를 입력받아 상기 이상 이미지의 이상 정도를 수치화한 이상 수치를 생성하는 이상 수치 산출부

를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.



【청구항 15】

제14항에 있어서,

상기 차동 이미지 생성부는 다수의 상기 차동 이미지에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 유닛을 더 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 16】

제14항에 있어서,

상기 원본 이미지는 컬러 이미지를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 17】

제14항에 있어서,

상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고, 상기 이미지 학습 모듈은 다수의 상기 정상 이미지를 활용하여 학습되는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 18】

제14항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

상기 원본 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및

상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 갖고, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 19】

제18항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

기 설정된 확률분포로부터 리얼 샘플을 생성하는 사전 분포 유닛; 및

상기 리얼 샘플 및 상기 인코더 네트워크에서 생성된 페이크 샘플을 랜덤하게 입력받아 입력된 샘플이 리얼 또는 페이크인지 구분하도록 판별 손실을 바탕으로 자신과 상기 인코더 네트워크를 학습시키는 판별 네트워크



를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 20】

제14항에 있어서,

상기 이미지 학습 모듈은

상기 원본 이미지를 입력받아 랜덤하게 생성한 노이즈를 상기 원본 이미지에 가산하여 노이즈 가산 이미지를 생성하는 노이즈 가산 유닛;

직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 노이즈 가산 이미지를 입력받아 잠재 벡터를 생성하는 인코더 네트워크; 및

직렬로 연결된 다수의 계층들을 포함하고, 상기 인코더 네트워크와 대칭적인 구조를 가지며, 상기 잠재 벡터를 입력받아 상기 원본 이미지와 동일한 사이즈를 갖는 상기 재건 이미지를 생성하는 디코더 네트워크

를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 21】

제14항에 있어서,

상기 차동 이미지 생성부에서 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성은 SSIM(Structural Similarity Index Map)을 사용하여 산출하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 22】

제14항에 있어서,

상기 원본 이미지는 상기 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 상기 오브젝트로부터 획득한 테스트 이미지를 포함하고, 상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지, 상기 표준편차 풀링 이미지 및 상기 융합 이미지 각각은 상기 테스트 이미지에 대응하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 23】

제14항에 있어서,

상기 융합 이미지는 상기 평균 풀링 이미지, 상기 최대 풀링 이미지 및 상기 표준편차 풀

링 이미지 각각에 가중치를 부여한 후, 합산하여 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 24】

제14항에 있어서,

상기 원본 이미지는 양품인 상기 오브젝트로부터 획득한 정상 이미지를 포함하고, 상기 주의 이미지 생성부는 다수의 상기 정상 이미지 각각에 대응하는 다수의 상기 차동 이미지를 픽셀단위로 평균화하여 상기 주의 맵을 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 25】

제24항에 있어서,

상기 주의 이미지 생성부는 상기 융합 이미지에 가중치가 반영된 상기 주의 맵을 곱하여 상기 주의 이미지를 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 26】

제14항에 있어서,

상기 이미지 연산부는 곱셈기를 포함하고, 상기 연산 이미지는 멀티플라이드 이미지 (Multiplied image)를 포함하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 27】

제14항에 있어서,

상기 이상 이미지 생성부는 상기 연산 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제1기준값과 비교하여 상기 제1기준값 이하인 픽셀의 픽셀값을 최대값 또는 최소값으로 변경하여 상기 이상 이미지를 생성하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【청구항 28】

제14항에 있어서,

상기 이상 수치 산출부는 상기 이상 이미지를 픽셀단위로 기 설정된 제2기준값과 비교하여 상기 제2기준값 이상인 픽셀만을 카운트하고, 카운트된 픽셀의 개수를 상기 이상 이미지의 전체 픽셀로 나눠 상기 이상 수치를 산출하는 이미지 이상 탐지 시스템.

【요약서】

【요약】

본 기술은 오브젝트의 불량을 검출하기 위해 오브젝트로부터 획득한 이미지로부터 머신러닝을 통해 정상적인 부분을 학습하고, 비정상적인 부분만을 검출하여 시각화 및 수치화할 수 있는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템에 관한 것으로, 오브젝트로부터 획득한 원본 이미지를 입력받아 재건 이미지를 출력하는 오토인코더 알고리즘 기반의 이미지 학습 모듈; 상기 원본 이미지 및 상기 재건 이미지를 입력받아 상기 원본 이미지와 상기 재건 이미지 사이의 구조적 유사성을 계산하여 차동 이미지를 생성하는 차동 이미지 생성부; 상기 원본 이미지를 입력받아 공통된 공간상의 정보가 반영된 평균 맵을 생성하는 평균 맵 생성부; 상기 차동 이미지를 입력받아 물리적 공간상의 좌표 정보에 따라 이상 탐지시 집중해야하는 위치 정보가 반영된 주의 맵을 생성하는 주의 맵 생성부; 상기 차동 이미지, 상기 평균 맵 및 상기 주의 맵을 입력받아 연산 이미지를 생성하는 이미지 연산부; 상기 연산 이미지를 입력받아 비정상적인 부분만 강조된 이상 이미지를 생성하는 이상 이미지 생성부; 및 상기 이상 이미지를 입력받아 상기 이상 이미지의 이상 정도를 수치화한 이상 수치를 생성하는 이상 수치 산출부를 포함하는 머신러닝 기반의 이미지 이상 탐지 시스템을 제공한다.

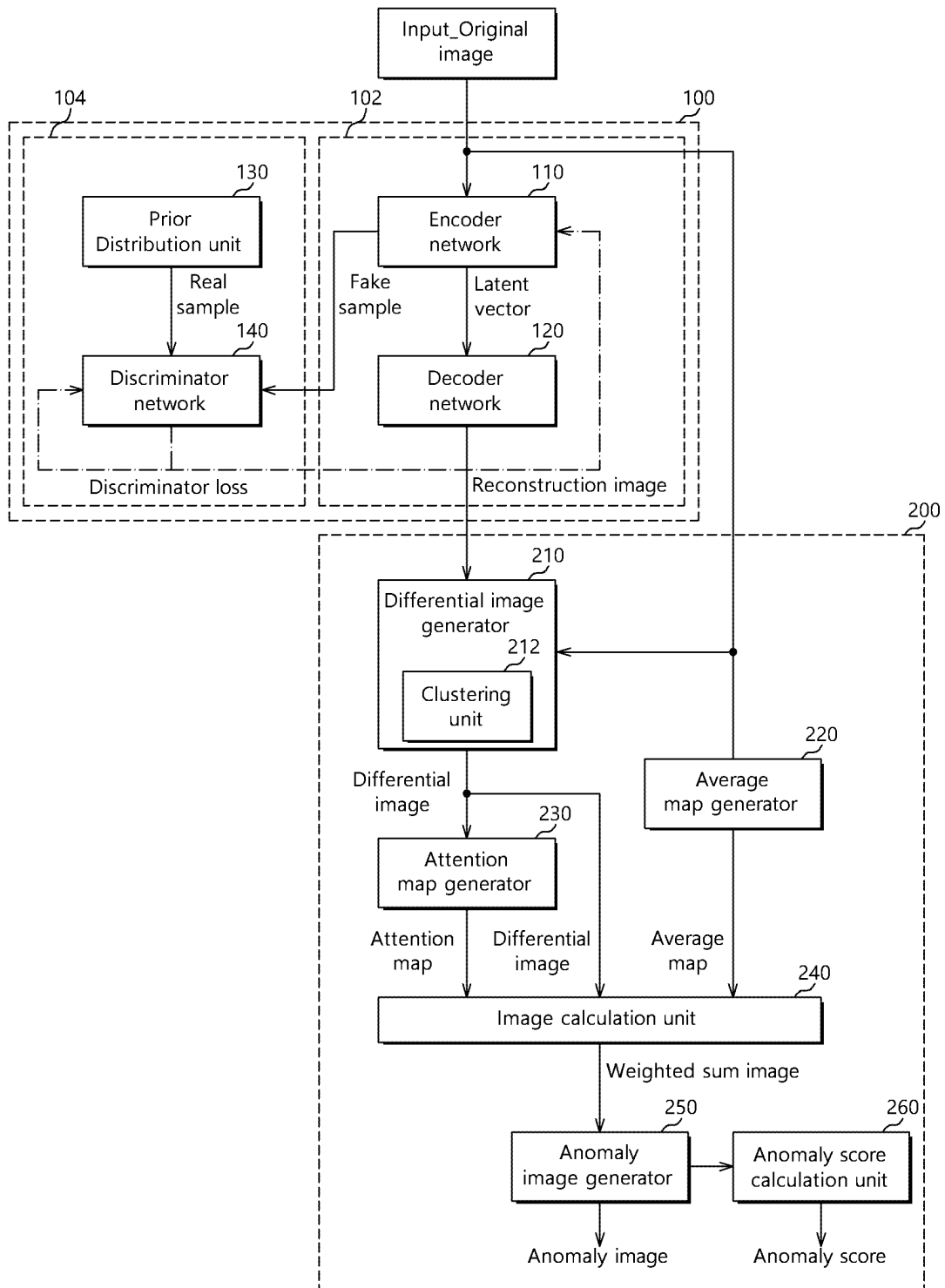
【대표도】

도1

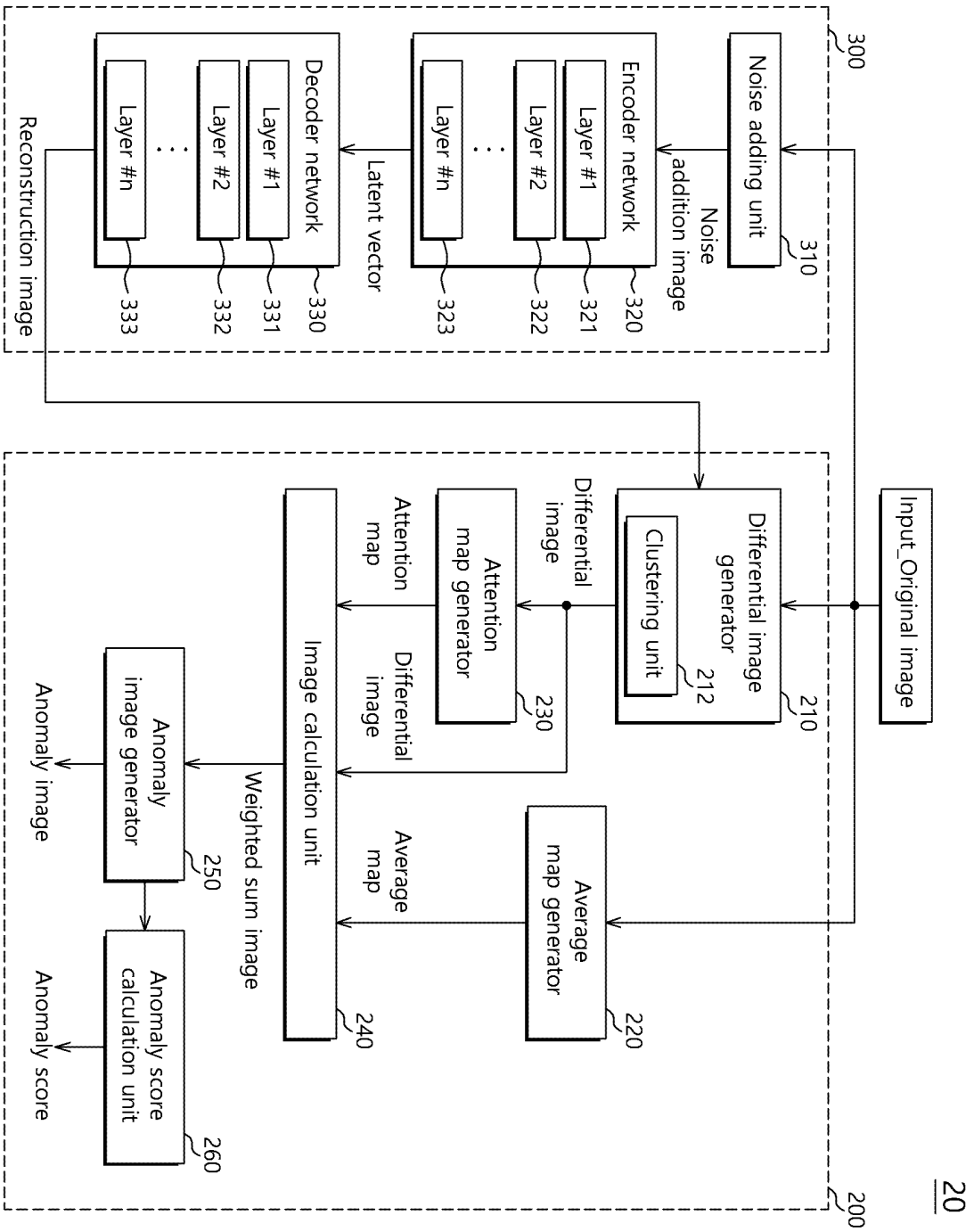
【도면】

【도 1】

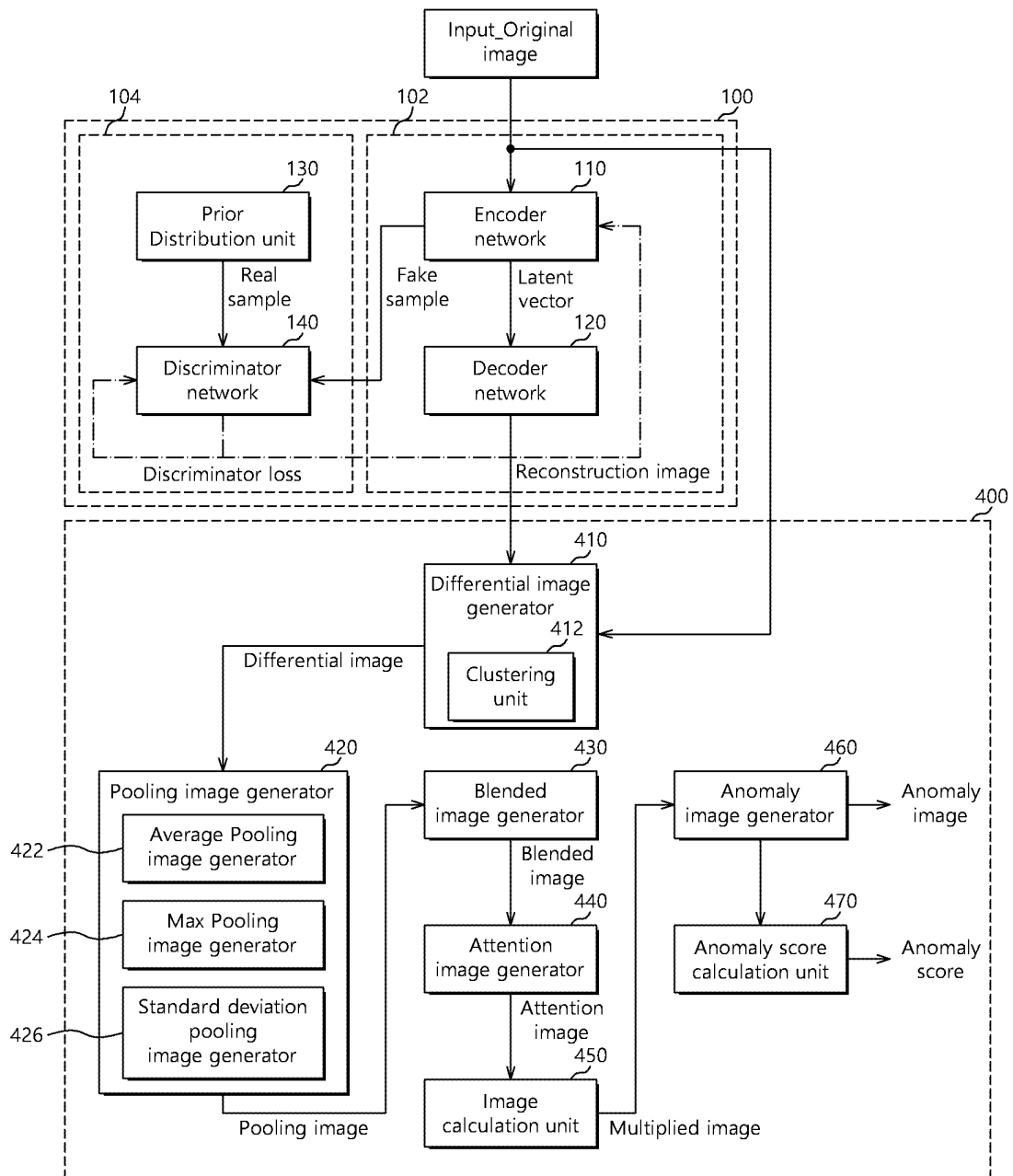
10



【도 2】



【도 3】



【도 4】

