



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0015234
(43) 공개일자 2023년01월31일

- | | |
|--|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 10/85 (2021.01) B22F 10/368 (2021.01)
(52) CPC특허분류
B22F 10/85 (2021.01)
B22F 10/368 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2021-0096719
(22) 출원일자 2021년07월22일
심사청구일자 2021년07월22일 | (71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김남훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이진우
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
리엔목특허법인 |
|--|--|

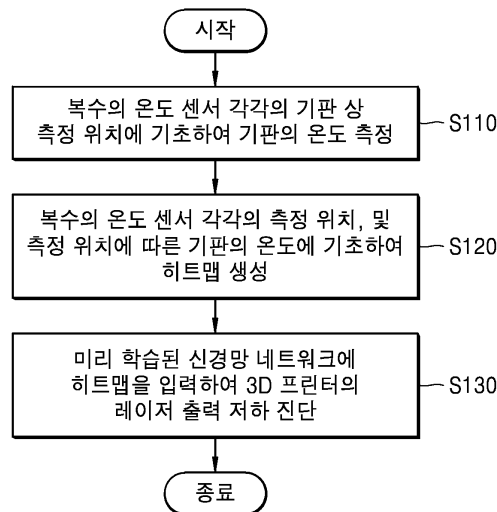
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

본 발명은 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터의 레이저 파워 저하를 효과적으로 진단할 수 있는 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 위하여, 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 기관의 온도를 측정하는 단계와, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치, 및 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하는 단계와, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계를 포함하는, 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

B22F 2203/03 (2013.01)

B22F 2203/11 (2013.01)

B22F 2207/15 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터를 모니터링하는 방법에 있어서,

상기 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 상기 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 상기 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 상기 기관의 온도를 측정하는 단계;

상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치, 및 상기 측정 위치에 따른 상기 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하는 단계; 및

미리 학습된 신경망에 상기 히트맵을 입력하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계를 포함하는,

금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기관의 온도를 측정하는 단계는, 상기 기관의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서와, 상기 기관의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서를 이용하여 상기 기관의 온도를 측정하는 단계인, 금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 히트맵을 생성하는 단계는,

상기 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성하는 단계; 및

상기 복수의 온도 센서에서 측정된 상기 기관의 온도에 기초하여 상기 매트릭스의 각 셀에 대하여 상기 각 셀의 온도를 매핑하는 단계를 포함하는,

금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 각 셀의 온도를 매핑하는 단계는,

상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치에 대응되는 상기 매트릭스의 제1 셀에 대하여 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑하는 단계; 및

상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치에 대응되지 않는 상기 매트릭스의 제2 셀에 대하여 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 상기 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계를 포함하는,

금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계는,

상기 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 상기 제2 셀의

온도를 추정하는 단계; 및
상기 제2 셀에 대하여 추정된 상기 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계를 포함하는,
금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계는,
상기 미리 학습된 신경망에 상기 히트맵을 입력하는 단계;
상기 히트맵에 대한 상기 3D 프린터의 레이저 출력을 추정하는 단계; 및
상기 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단하는 단계를 포함하는,
금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계는, 상기 3D 프린터의 레이저 운용 정보에 기초하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계이고,
상기 레이저 운용 정보는 상기 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함하는, 금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 미리 학습된 신경망은, 1개의 합성곱 레이어를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성된, 금속 3D 프린터 모니터링 방법.

청구항 9

컴퓨터를 이용하여 제1 항 내지 제8 항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터를 모니터링하는 장치에 있어서,
프로세서;를 포함하고,
상기 프로세서는, 상기 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 상기 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 상기 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 상기 기관의 온도를 측정하고, 상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치, 및 상기 측정 위치에 따른 상기 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하고, 미리 학습된 신경망에 상기 히트맵을 입력하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는, 금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,
상기 복수의 온도 센서는, 상기 기관의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서와, 상기 기관의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서를 포함하는, 금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성하고,

상기 복수의 온도 센서에서 측정된 상기 기관의 온도에 기초하여 상기 매트릭스의 각 셀에 대하여 상기 각 셀의 온도를 매핑하는,

금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치에 대응되는 상기 매트릭스의 제1 셀에 대하여 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑하고,

상기 복수의 온도 센서 각각의 상기 측정 위치에 대응되지 않는 상기 매트릭스의 제2 셀에 대하여 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 상기 제2 셀의 온도를 매핑하는,

금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 상기 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 상기 제2 셀의 온도를 추정하고,

상기 제2 셀에 대하여 추정된 상기 제2 셀의 온도를 매핑하는,

금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 미리 학습된 신경망에 상기 히트맵을 입력하고,

상기 히트맵에 대한 상기 3D 프린터의 레이저 출력을 추정하고,

상기 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단하는,

금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 3D 프린터의 레이저 운용 정보에 기초하여 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하고,

상기 레이저 운용 정보는 상기 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함하는, 금속 3D 프린터 모니터링 장치.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 미리 학습된 신경망은, 1개의 합성곱 레이어를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성된, 금속 3D 프린터 모니터링 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명의 실시예들은 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 관한 것으로서, 더 상세하게는 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터의 레이저 파워 저하를 효과적으로 진단할 수 있는 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 다양한 분야에서 활용되고 있는 3D 프린터의 기본적인 원리는 얇은 2D 레이어를 쌓아서 3D 물체를 만드는 것이다. 3D 프린터는 광경화 수지 또는 금속을 이용하여 3D 출력물을 형성할 수 있는데, 이 중, 금속 3D 프린터는 크게 PBF(Powder Bed Fusion) 방식과 DED(Directed Energy Deposition) 방식으로 나뉜다.
- [0003] DED 방식의 3D 프린터는 DED 헤드 중앙에서 고출력 레이저 빔을 금속 표면에 조사하여 순간적으로 용융지를 생성하며, 동시에 금속분말도 공급되어 프린터 헤드가 이동하면서 실시간으로 2D 레이어를 적층하여 3D 출력물을 형성한다. 또한, 질소나 아르곤 가스와 같은 캐리어 가스를 사용하여 금속분말을 유동시켜 3D 프린터 내에 금속분말이 공급된다.
- [0004] 이에 따라, 3D 프린터의 공정을 모니터링하여 3D 출력물의 품질을 최대한 균일하게 유지할 수 있도록 하는 것이 중요한데, 종래에는 열화상카메라 등을 통해 용융지의 모양 및 온도를 파악하여 공정을 모니터링하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 그러나 이러한 종래의 금속 3D 프린터 모니터링 방법은 열화상 카메라가 매우 고가이고, 고속 측정이 어려워 실시간 모니터링이 어려운 문제점이 있었다.
- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터의 레이저 파워 저하를 효과적으로 진단할 수 있는 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 관점에 따르면, 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터를 모니터링하는 방법은, 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 기관의 온도를 측정하는 단계와, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치, 및 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하는 단계와, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계를 포함한다.
- [0008] 상기 기관의 온도를 측정하는 단계는, 기관의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서와, 기관의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서를 이용하여 기관의 온도를 측정하는 단계일 수 있다.
- [0009] 상기 히트맵을 생성하는 단계는, 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성하는 단계와, 복수의 온도 센서에서 측정된 기관의 온도에 기초하여 매트릭스의 각 셀에 대하여 각 셀의 온도를 매핑하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 각 셀의 온도를 매핑하는 단계는, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치에 대응되는 매트릭스의 제1 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑하는 단계와, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치에 대응되지 않는 매트릭스의 제2 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계는, 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 추정하는 단계와, 제2 셀에 대하여 추정된 제2 셀의 온도를 매핑하는 단계를

포함할 수 있다.

- [0012] 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계는, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하는 단계와, 히트맵에 대한 3D 프린터의 레이저 출력을 추정하는 단계와, 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계는, 3D 프린터의 레이저 운용 정보에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하는 단계일 수 있고, 레이저 운용 정보는 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 미리 학습된 신경망은, 1개의 합성곱 레이어를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 관점에 따르면, 컴퓨터를 이용하여 상술한 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0016] 본 발명의 일 관점에 따르면, 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터를 모니터링하는 장치는, 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 기관의 온도를 측정하고, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치, 및 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하고, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단한다.
- [0017] 상기 복수의 온도 센서는, 기관의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서와, 기관의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서를 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 프로세서는, 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성하고, 복수의 온도 센서에서 측정된 기관의 온도에 기초하여 매트릭스의 각 셀에 대하여 각 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0019] 상기 프로세서는, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치에 대응되는 매트릭스의 제1 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑하고, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치에 대응되지 않는 매트릭스의 제2 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0020] 상기 프로세서는, 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 추정하고, 제2 셀에 대하여 추정된 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0021] 상기 프로세서는, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하고, 히트맵에 대한 3D 프린터의 레이저 출력을 추정하고, 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단할 수 있다.
- [0022] 상기 프로세서는, 3D 프린터의 레이저 운용 정보에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단하고, 레이저 운용 정보는 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 미리 학습된 신경망은, 1개의 합성곱 레이어를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성될 수 있다.
- [0024] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점은 이하의 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용, 청구범위 및 도면으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0025] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터의 레이저 파워 저하를 효과적으로 진단할 수 있는 금속 3D 프린터 모니터링 방법, 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 구성 및 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 프로세서 구성을 설명하기 위한 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 방법을 보여주는 순서도이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 지그를 설명하기 위한 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 복수의 온도 센서를 설명하기 위한 도면이다.
 도 7 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 10a 및 도 10b는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험의 실험 데이터를 보여주는 도면이다.
 도 11a 내지 도 11f는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험에서 측정된 시간에 따른 복수의 온도 그래프를 보여주는 도면이다.
 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험 결과를 나타내는 도표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0029] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명이 이하의 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0030] 이하의 실시예에서, 제1 이나 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라, 일 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다. 그리고 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 배제하는 것은 아니다.
- [0031] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.
- [0032] 이하의 실시예에서, 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등의 부분이 다른 부분 위에 또는 상에 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다. 그리고 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등이 연결되었다고 할 때, 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈들이 직접적으로 연결된 경우뿐만 아니라 영역, 구성요소, 부, 블록 또는 모듈들 중간에 다른 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈들이 개재되어 간접적으로 연결된 경우도 포함한다.
- [0033] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 여러 실시예에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 구성 및 동작을 설명하기 위한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 프로세서 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0035] 먼저, 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 메모리(110), 프로세서(120), 통신 모듈(130) 및 입출력 인터페이스(140)를 포함할 수 있다.
- [0036] 메모리(110)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및

디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(110)에는 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)를 제어하기 위한 프로그램 코드 및 미리 학습된 신경망 알고리즘이 일시적 또는 영구적으로 저장될 수 있다.

[0037] 프로세서(120)는 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 기관의 온도를 측정하고, 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치, 및 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성하고, 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단할 수 있다.

[0038] 통신 모듈(130)은 네트워크를 통해 외부 서버와 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)의 프로세서(120)가 메모리(110)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이 통신 모듈(130)의 제어에 따라 네트워크를 통해 외부 서버로 전달될 수 있다. 역으로, 외부 서버의 프로세서의 제어에 따라 제공되는 제어 신호나 명령, 콘텐츠, 파일 등이 네트워크를 거쳐 통신 모듈(130)을 통해 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)로 수신될 수 있다. 예를 들어 통신 모듈(130)을 통해 수신된 외부 서버의 제어 신호나 명령 등은 프로세서(120)나 메모리(110)로 전달될 수 있고, 콘텐츠나 파일 등은 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)가 더 포함할 수 있는 저장 매체로 저장될 수 있다.

[0039] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0040] 또한, 통신 모듈(130)은 외부 서버와 네트워크를 통해 통신할 수 있다. 통신 방식은 제한되지 않지만, 네트워크는 근거리 무선통신망일 수 있다. 예를 들어, 네트워크는 블루투스(Bluetooth), BLE(Bluetooth Low Energy), Wifi 통신망일 수 있다.

[0041] 입출력 인터페이스(140)는 입출력 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 키보드 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 어플리케이션의 통신 세션을 표시하기 위한 디스플레이와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(140)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 보다 구체적인 예로, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)의 프로세서(120)는 메모리(110)에 로딩된 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리함에 있어서 외부 서버가 제공하는 데이터를 이용하여 구성되는 서비스 화면이나 콘텐츠가 입출력 인터페이스(140)를 통해 디스플레이에 표시될 수 있다.

[0042] 또한, 다른 실시예들에서 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 도 1의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래 기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 포함할 수 있고, 상술한 입출력 장치 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 내부 구성요소들에 전력을 공급하는 배터리 및 충전 장치, 각종 센서, 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.

[0043] 이하 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)의 프로세서(120)의 내부 구성에 대하여 상세히 검토한다. 후술되는 프로세서(120)는 이해의 용이를 위하여 도 1에 도시된 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)의 프로세서(120)임을 가정하고 설명한다.

[0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)의 프로세서(120)는 기관 온도 측정부(121), 히트맵 생성부(122) 및 레이저 출력 저하 진단부(123)를 포함한다. 몇몇 실시예에 따라 프로세서(120)의 구성요소들은 선택적으로 프로세서(120)에 포함되거나 제외될 수도 있다. 또한, 몇몇 실시예에 따라 프로세서(120)의 구성요소들은 프로세서(120)의 기능의 표현을 위해 분리 또는 병합될 수도 있다.

[0045] 이러한 프로세서(120) 및 프로세서(120)의 구성요소들은 도 3의 금속 3D 프린터 모니터링 방법이 포함하는 단계들(S110 내지 S130)을 수행하도록 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)를 제어할 수 있다. 예를 들어, 프로세서(120) 및 프로세서(120)의 구성요소들은 메모리(110)가 포함하는 운영체제의 코드와 적어도 하나의 프로그램의

코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다. 여기서, 프로세서(120)의 구성요소들은 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)에 저장된 프로그램 코드가 제공하는 명령에 따라 프로세서(120)에 의해 수행되는 프로세서(120)의 서로 다른 기능들(different functions)의 표현될 수 있다. 프로세서(120)의 내부 구성 및 구체적인 동작에 대해서는 도 3의 금속 3D 프린터 모니터링 방법의 순서도를 참조하여 설명하기로 한다.

- [0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 방법을 보여주는 순서도이다.
- [0047] 단계 S110에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 3D 출력물이 프린팅되는 기관에 구비되어 기관의 온도를 측정하는 복수의 온도 센서를 이용하여, 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 기초하여 기관의 온도를 측정한다.
- [0048] 본 발명의 일 실시예에서 복수의 온도 센서는, 기관의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서와, 기관의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서를 포함할 수 있다.
- [0049] 단계 S120에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 측정 위치, 및 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵을 생성한다.
- [0050] 본 발명의 일 실시예에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서에서 측정된 기관의 온도에 기초하여 매트릭스의 각 셀에 대하여 각 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 대응되는 매트릭스의 제1 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑할 수 있다.
- [0052] 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 대응되지 않는 매트릭스의 제2 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 추정할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 제2 셀에 대하여 추정된 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다.
- [0054] 단계 S130에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단한다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 히트맵에 대한 3D 프린터의 레이저 출력을 추정할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 일 실시예에서, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 3D 프린터의 레이저 운용 정보에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 진단할 수 있다. 또한, 레이저 운용 정보는 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함할 수 있다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에서, 미리 학습된 신경망(Neural Network)은, 1개의 합성곱 레이어(Convolution Layer)를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성될 수 있다.
- [0058] 보다 구체적인 설명은 이하 도 4 내지 도 9를 참조하여 설명한다.
- [0059] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0060] 도 4를 참조하면, 금속 3D 프린터(10)의 프린트 헤드로부터 레이저광이 조사되고, 금속분말이 공급되면서 3D 출력물(30)이 출력된다. 본 실시예에서 금속 3D 프린터(10)는 DED 방식의 3D 프린터로서, DED 헤드 중앙에서 고출력 레이저 빔을 기관(50)에 조사하면 순간적으로 용융지가 생성되는 동시에 금속분말도 공급되어 프린터 헤드가 이동하면서 실시간으로 적층하여 3D 성형체를 형성한다. 본 발명에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 금속 3D 프린터 시스템이 이러한 방식으로 3D 출력물(30)을 성형할 때 레이저 출력 저하에 따른 3D 출력물 품질 저하를 모니터링할 수 있다. 예를 들어, 3D 출력물 품질은 치수(Dimension)를 측정하여 품질 저하를 모니터링할 수 있다. 예컨대, 3D 출력물의 치수는 x-y 치수 및 z 치수를 포함할 수 있다. 여기서, 도 4에 도시된 바와 같이, x-y 치수는, x-y 축 상의 치수를 의미하고, z 치수는 z 축 상의 치수를 의미할 수 있다. 또한, 도 4에 도

시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 금속 3D 프린터 시스템은 x-y 축 모션 테이블(70)의 x-y 축 상의 움직임에 의하여 x-y 축 상으로 3D 출력물을 형성할 수 있다. 또한, 본 실시예에 따른 금속 3D 프린터 시스템은 금속 3D 프린터(10)의 z 축 상의 움직임에 의하여 z 축 상으로 3D 출력물을 형성할 수 있다.

[0061] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 지그를 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 복수의 온도 센서를 설명하기 위한 도면이다.

[0062] 도 5 및 도 6을 함께 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 지그(60)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에서 지그(60)는 기관(50)을 고정시키기 위하여 기관(50)의 전면을 전체적으로 감싸는 형태로 구성될 수 있다. 예를 들어, 지그(60)는 기관(50)의 상면, 하면, 일측면 및 타측면과 접촉하여 기관(50)을 고정시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 지그(60)는 스테인리스 스틸(SUS, Stainless steel) 소재로 제공될 수 있다.

[0063] 본 발명의 일 실시예에서, 지그(60)에는 복수의 온도 센서가 장착될 수 있다. 예를 들어, 도 5에 도시된 바와 같이, 지그(60)는 3D 출력물이 성형되는 복수의 성형 영역(S)에 대하여 직사각형 형상의 홀(hole)을 포함할 수 있다.

[0064] 본 발명의 일 실시예에 따른 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)는 지그(60)에 장착되어 기관(50)의 온도를 측정할 수 있도록 기관(50)에 구비될 수 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)는 기관(50)의 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서(TC1, TC2, TC3)와, 기관(50)의 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서(TC4, TC5, TC6)를 포함할 수 있다. 예컨대, 복수의 온도 센서는 써모커플(Thermocouple)일 수 있다. 다만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)는 지그(60)에 장착되지 않고 기관(50)에 구비될 수 있다.

[0065] 도 7 내지 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0066] 먼저, 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 매트릭스(m)가 도시되어 있다.

[0067] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 사이의 거리에 기초하여 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성할 수 있다. 예를 들어, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)의 기관 상 측정 위치가 반영된 매트릭스를 생성할 수 있다. 예를 들어, 상기 매트릭스는 29행 및 29열을 갖는 매트릭스일 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 일측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서(TC1, TC2, TC3)들 사이의 거리와, 타측에 서로 일정한 간격을 두고 구비된 3개의 온도 센서(TC4, TC5, TC6)들 사이의 거리에 기초하여 매트릭스(m)의 행 또는 열의 전체 개수 또는 온도 센서 사이의 행 또는 열의 개수가 결정될 수 있다.

[0068] 도 7 및 도 8을 함께 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서에서 측정된 기관의 온도에 기초하여 매트릭스(m)의 각 셀에 대하여 각 셀의 온도를 매핑할 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)의 기관 상 측정 위치가 반영된 복수의 셀(c1, c2, c3, c4, c5, c5)에 대하여 각 셀의 온도를 매핑할 수 있다. 예컨대, 각 온도 센서에서 측정된 기관의 온도가 각 셀의 온도로 매핑될 수 있다.

[0069] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치, 및 기관 상 측정 위치에 따른 기관의 온도에 기초하여 히트맵(h)을 생성할 수 있다. 도 7 및 도 8을 함께 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 대응되는 매트릭스(m)의 제1 셀(c1, c2, c3, c4, c5, c5)에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도를 매핑할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치에 대응되지 않는 매트릭스(m)의 제2 셀에 대하여 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다.

[0070] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여 제2 셀의 온도를 추정할 수 있다. 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 제2 셀에 대하여 추정된 제2 셀의 온도를 매핑할 수 있다. 예를 들어, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 복수의 온도 센서 사이의 거리와, 복수의 온도 센서 각각에서 측정된 온도에 기초하여, 유클리디안 거

리(Euclidean distance)에 기반한 제2 셀의 온도를 추정할 수 있다.

- [0071] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 신경망(Neural Network)이 도시되어 있다.
- [0072] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 신경망은 1개의 합성곱 레이어(Convolution layer)를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network) 구조로 구성될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 신경망은 복수의 히트맵(h)을 학습하여 미리 학습될 수 있다. 예를 들어, 본 발명에 따른 복수의 히트맵(h)은 시계열에 따라 정렬된 데이터일 수 있다.
- [0073] 도 9의 (a)에서 시계열에 따른 복수의 히트맵(h)이 신경망에 입력된다. 그리고, (b)에서 1개의 합성곱 레이어(Convolution layer)에 대하여 합성곱 연산이 수행된다. 여기서, 합성곱 레이어를 통해 주변 셀의 정보까지 학습하므로 매트릭스 형태의 히트맵(h)에서 각 셀의 위치 정보를 추출할 수 있다. 그리고, (c)에서 풀링(pooling) 작업이 수행된다. 그리고, (d)에서 순환 신경망(RNN, Recurrent Neural Network) 작업이 수행된다. 여기서, 시계열 데이터를 학습할 수 있어 히트맵(h)을 통한 금속 3D 프린터 진단이 가능하다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 미리 학습된 신경망에 히트맵을 입력할 수 있다. 예를 들어, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 도 9의 미리 학습된 신경망에 도 8의 히트맵(h)을 입력할 수 있다. 여기서, 히트맵(h)은 실시간 진단되는 금속 3D 프린터에서 복수의 온도 센서 각각의 기관 상 측정 위치, 및 기관 상 측정 위치에 따른 상기 기관의 온도에 기초하여 생성된 히트맵(h)일 수 있다.
- [0075] 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 히트맵(h)에 대한 3D 프린터의 레이저 출력을 추정할 수 있다. 예를 들어, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 미리 학습된 신경망의 특징맵에 기초하여 히트맵(h)의 레이저 출력을 추정할 수 있다. 예를 들어, 레이저 출력은 정상 출력과 비정상 출력으로 추정될 수 있다.
- [0076] 또한, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 3D 프린터의 레이저 출력에 대하여 미리 설정된 기준값에 기초하여 3D 프린터의 레이저 출력 저하를 판단할 수 있다. 예를 들어, 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 레이저 출력에 대하여 350W는 정상 출력으로, 340W 및 330W는 비정상 출력으로 판단할 수 있다.
- [0077] 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치(100)는 금속 3D 프린터(10)의 레이저 운용 정보에 기초하여 금속 3D 프린터(10)의 레이저 출력 저하를 진단할 수 있다. 예를 들어, 레이저 운용 정보는 기관 상에서 레이저가 조사되는 위치 정보를 포함할 수 있다.
- [0078] 도 10a 및 도 10b, 도 11a 내지 도 11f, 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능을 실험한 실험 데이터 및 결과의 예시이다.
- [0079] 먼저, 도 10a 및 10b를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험에서 금속 3D 프린터의 레이저 출력 저하에 따라 x-y 치수 및 z 치수의 감소가 관찰되었음을 알 수 있다. 예컨대, 상기 성능 실험에서 1개의 기관에 9개의 큐브가 출력되었으며, 큐브 당 x-y 축 치수는 각 2회씩, z 축 치수는 4회씩 반복 측정되었다.
- [0080] 도 10a에서 금속 3D 프린터의 레이저 출력이 350W로 정상 출력인 상태에서 레이저 출력이 340W 및 330W의 비정상 출력으로 감소하는 경우, x-y 축 치수의 감소가 관찰되었다.
- [0081] 도 10b에서 금속 3D 프린터의 레이저 출력이 350W로 정상 출력인 상태에서 레이저 출력이 340W 및 330W의 비정상 출력으로 감소하는 경우, z 축 치수의 감소가 관찰되었다.
- [0082] 도 11a 내지 도 11f는 본 발명에 따른 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)에서 측정된 시간에 따른 복수의 온도 그래프(도 11a, 도 11b, 도 11c, 도 11d, 도 11e, 도 11f)를 도시하고 있다. 예컨대, 상기 성능 실험에서 4Hz의 빈도로 복수의 온도 센서(TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6)를 이용하여 기관의 온도가 측정되었다.
- [0083] 도 11a 내지 도 11f를 참조하면, 금속 3D 프린터의 각각의 레이저 출력(350W, 340W, 330W)에 따라 각 온도 센서에서 측정되는 시간에 따른 온도 그래프가 상이한 것을 관찰할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험에서는 금속 3D 프린터의 레이저 작동 시점으로부터 5분간 측정된 데이터를 이용하여 실시간 히트맵을 생성하여 금속 3D 프린터 모니터링을 수행하였다.
- [0084] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험 결과를 나타내는 도표이다.
- [0085] 도 12를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험에서 본 발명에 따른

신경망을 포함하여 종래의 신경망 또는 머신 러닝 학습 기법이 적용되었다. 예컨대, 종래의 신경망 또는 머신 러닝 학습 기법으로 CNN(Convolution Neural Network), RNN(Recurrent Neural Network), ANN(Artificial Neural Network), RBF-SVM(Support Vector Machine With RBF kernel), 및 RF(Random Forest)가 사용되었으며, 본 발명에 따른 신경망으로 1개의 합성곱 레이어를 갖는 CRNN(Convolution-Recurrent Neural Network)이 사용되었다.

- [0086] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 성능 실험은 레이저 출력의 정상 조건이 350W이고, 레이저 출력의 비정상 또는 고장 조건이 340W 및 330W로 설정되었다.
- [0087] 도 12에 도시된 도표에서, 레이저 출력 진단의 정확도(Accuracy)는 금속 3D 프린터 모니터링 장치의 정상 판단 또는 고장 판단의 정확도를 의미한다. 즉, 정확도는 전체 예측 판단에 대한, 정확하게 정상 판단을 한 경우의 수와 정확하게 고장 판단을 한 경우의 수의 비율이다.
- [0088] 또한, 레이저 고장 조건에 대한 정밀도(Precision_Failure)는 레이저의 고장 상태에 대한 고장 판단의 정밀도를 의미한다. 즉, 정밀도는 레이저의 고장 상태에서의 판단에 대한, 정확하게 고장 판단을 한 경우의 수의 비율이다.
- [0089] 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 금속 3D 프린터 모니터링 장치가 정확도 94%, 정밀도 98%의 효과적인 금속 3D 프린터 모니터링 성능을 보여주었다.
- [0090] 본 발명에 따르면, 금속분말을 이용하여 3D 출력물을 프린팅하는 3D 프린터의 레이저 파워 저하를 실시간으로 진단할 수 있는 효과가 있다.
- [0091] 또한, 본 발명에 따르면, 고가의 열화상카메라를 사용하지 않고 가격이 상대적으로 저렴한 써모커플을 이용하므로 보다 저렴하고 효과적으로 레이저 파워 저하를 진단할 수 있는 효과가 있다.
- [0092] 또한, 본 발명에 따르면, 종래의 신경망 또는 머신 러닝 기법에 비해 간단하고 효과적인 신경망을 이용하여 히트맵을 학습함으로써, 정확도와 정밀도가 우수한 금속 3D 프린터 모니터링 장치를 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0094] 이상에서 설명된 장치 및/또는 시스템은, 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로 컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0095] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction) 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0096] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매

체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0097] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

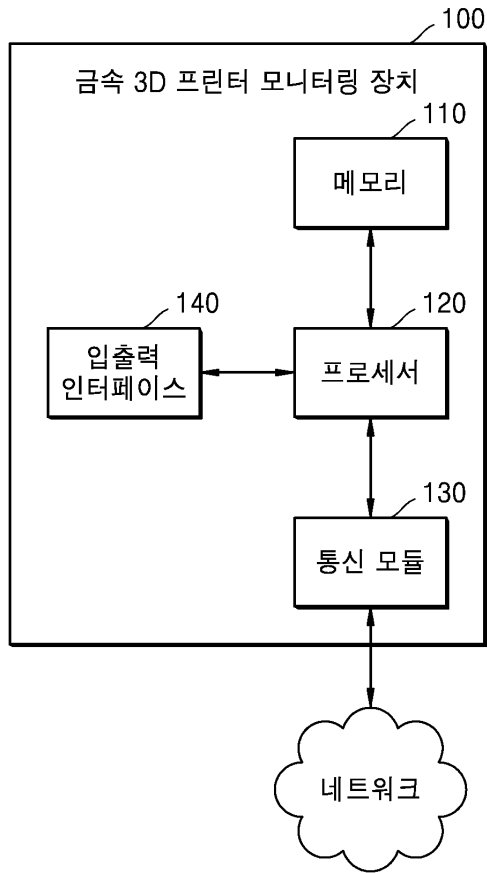
[0098] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

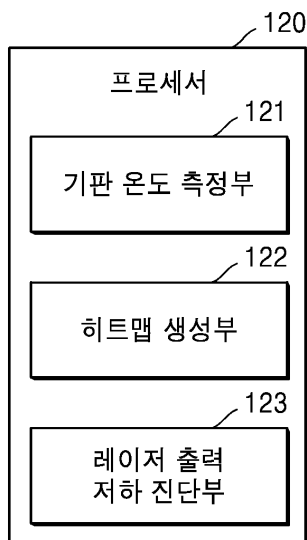
[0099] 100: 금속 3D 프린터 모니터링 장치
110: 메모리
120: 프로세서
130: 통신 모듈
140: 입출력 인터페이스

도면

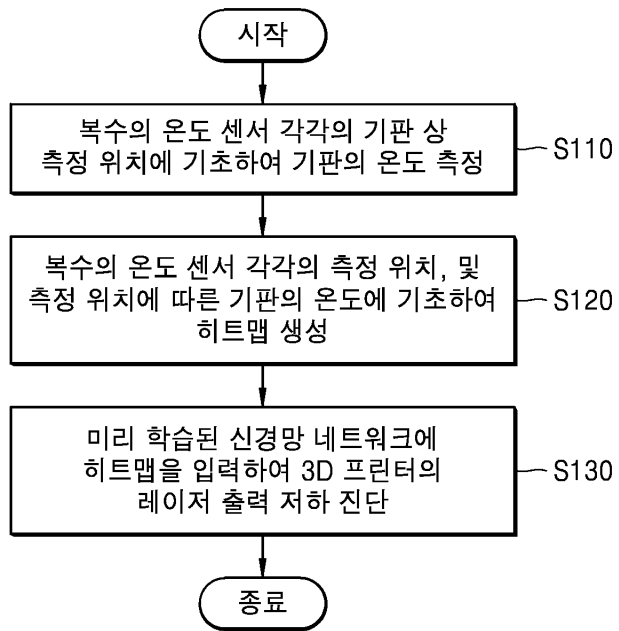
도면1



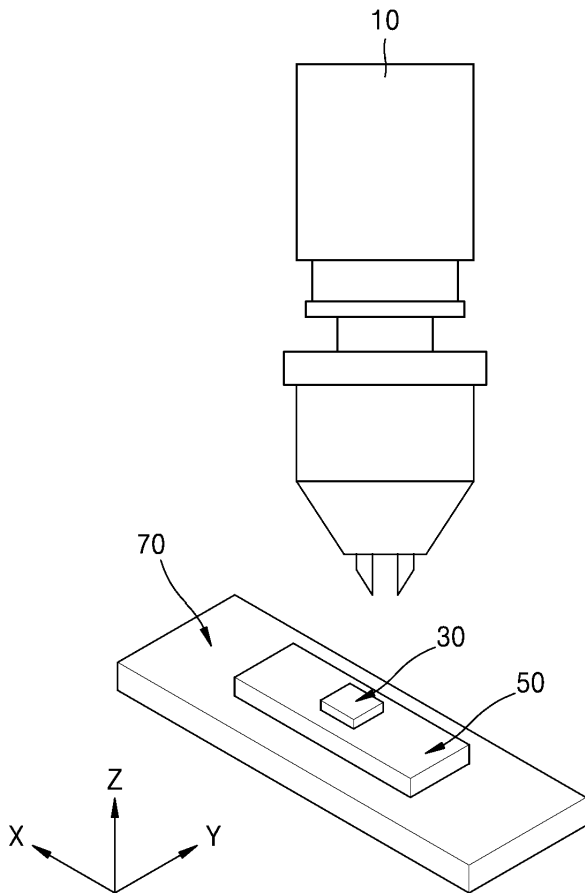
도면2



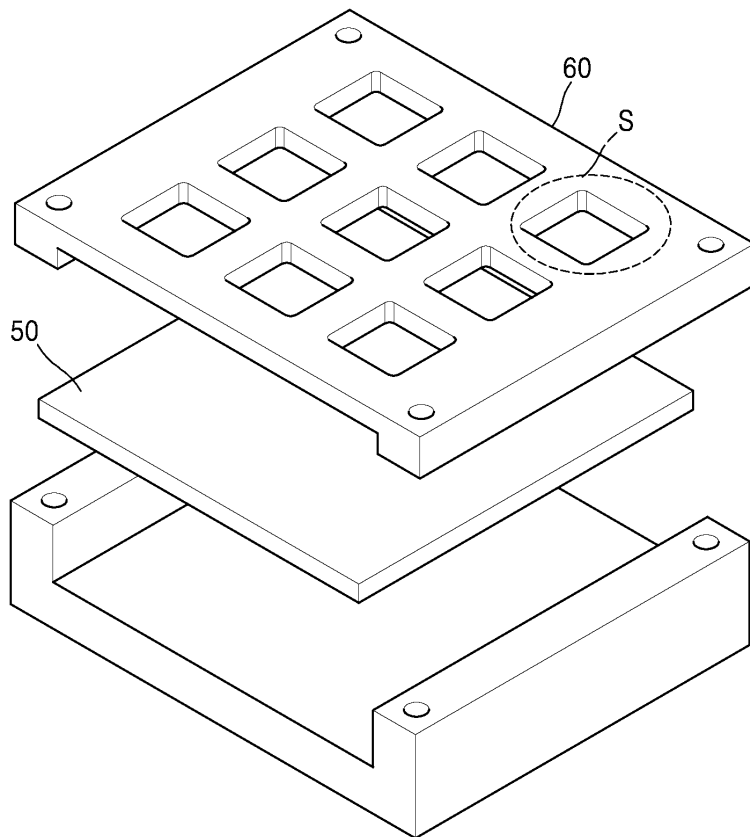
도면3



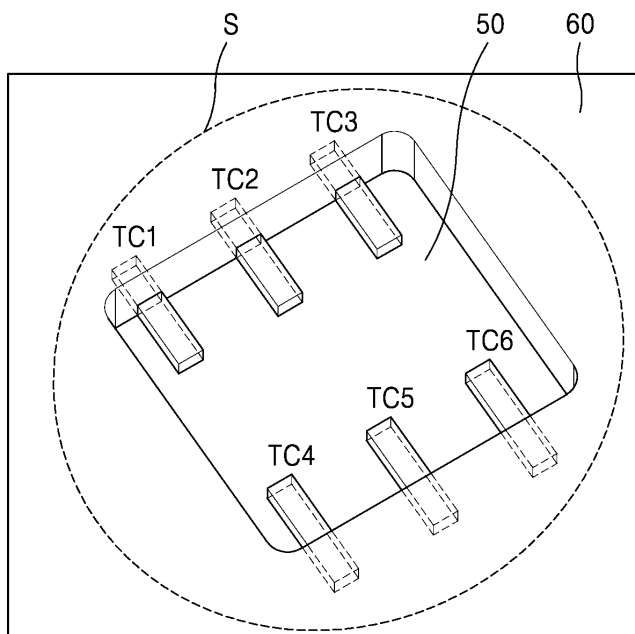
도면4



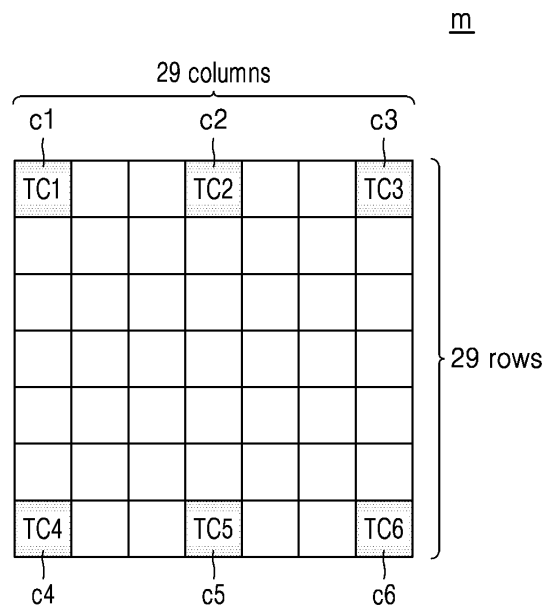
도면5



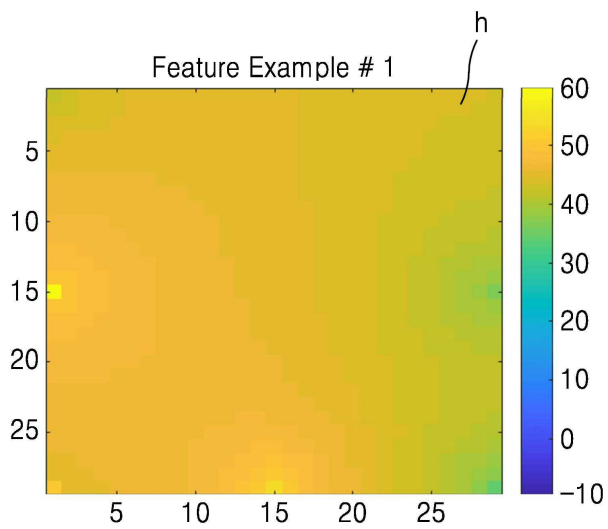
도면6



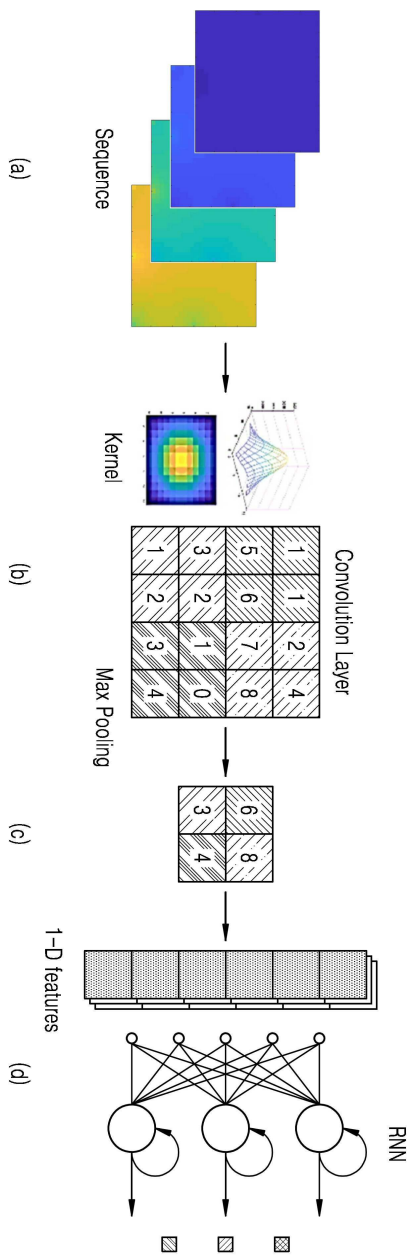
도면7



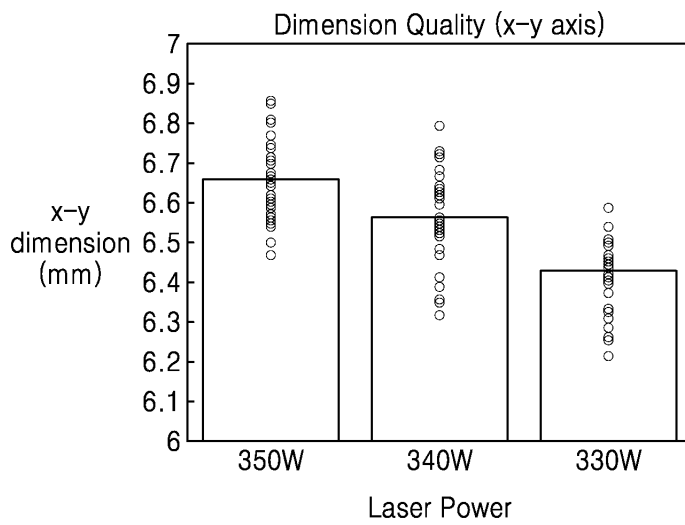
도면8



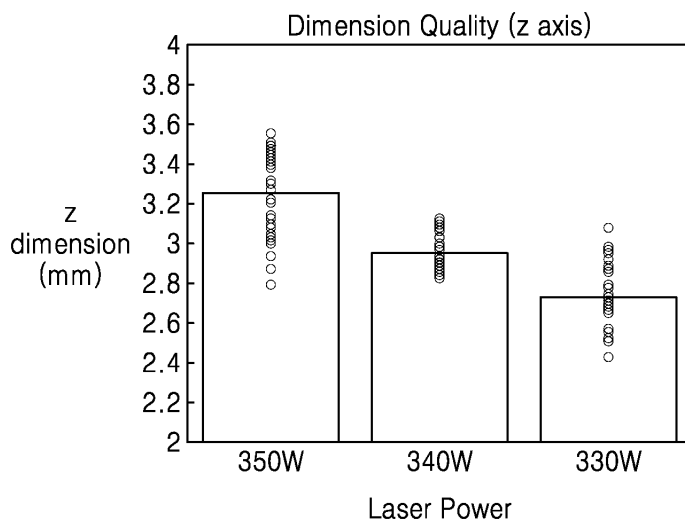
도면9



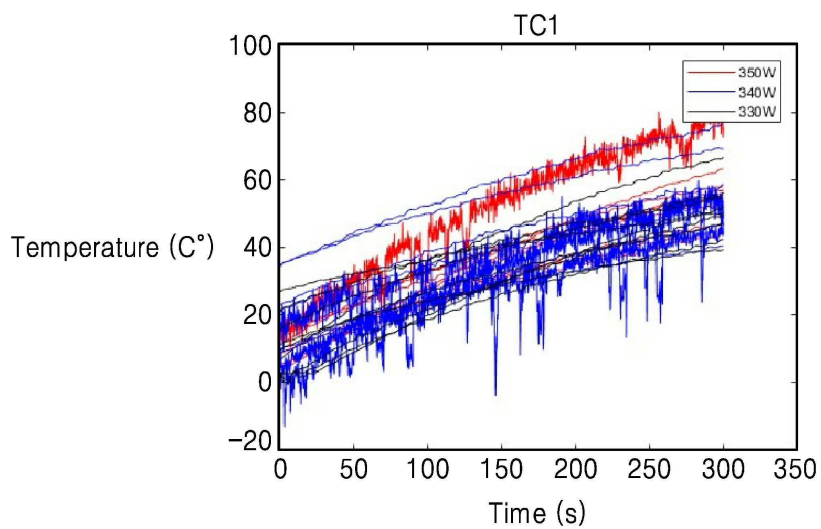
도면10a



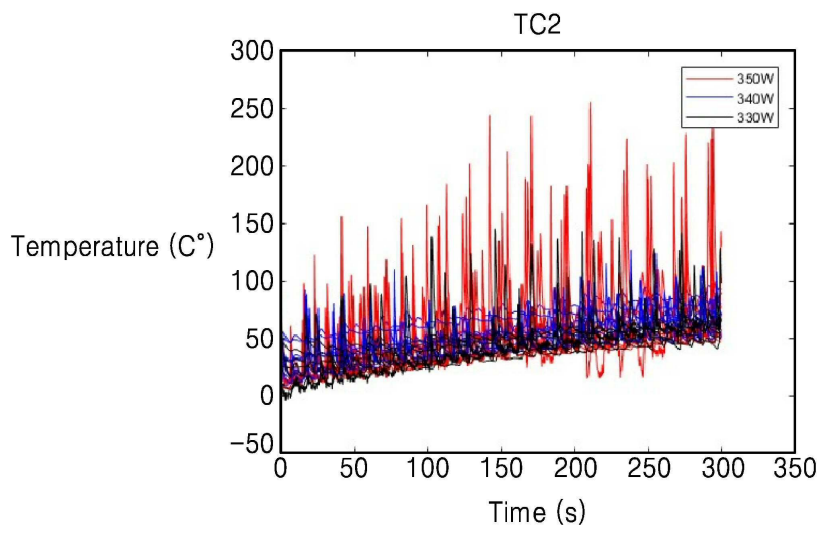
도면10b



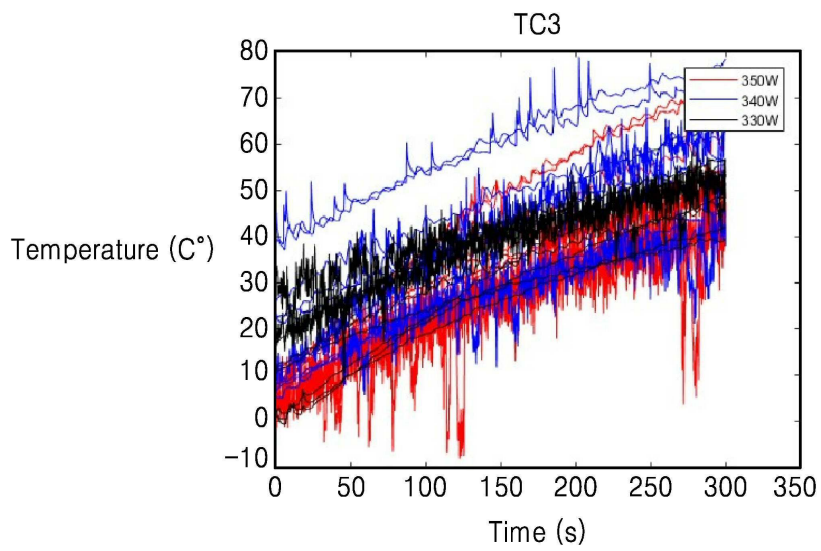
도면11a



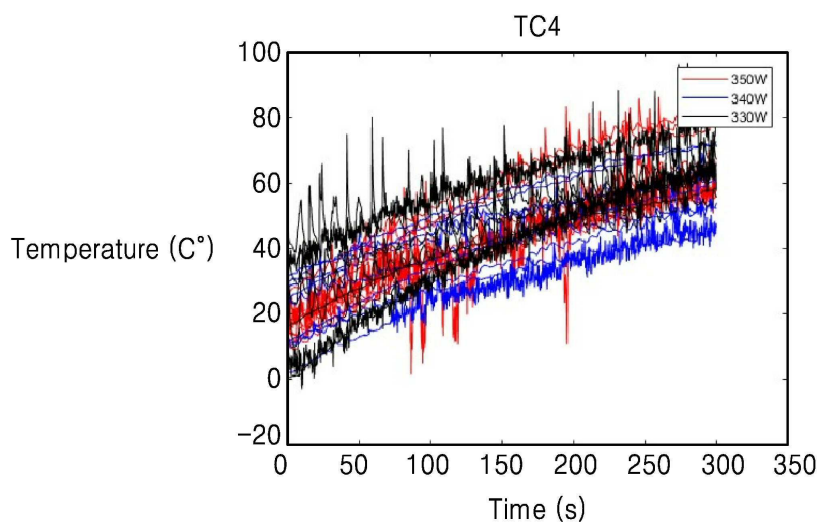
도면11b



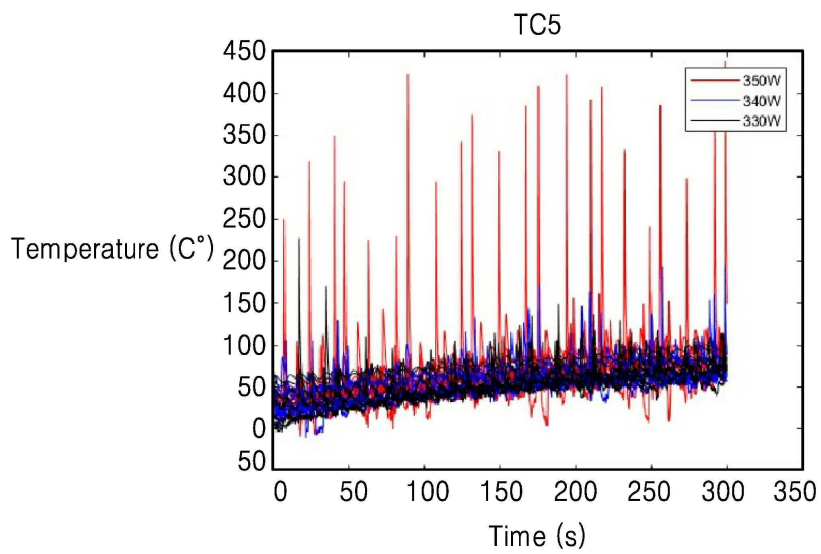
도면11c



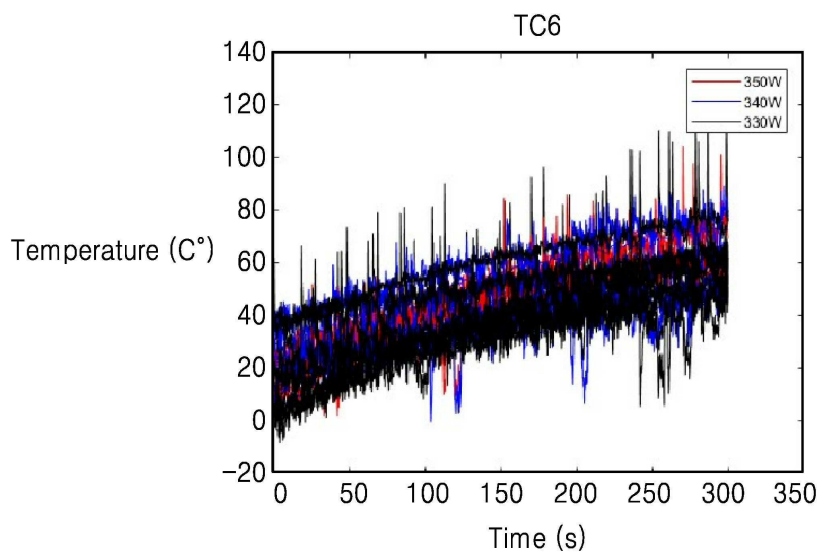
도면11d



도면11e



도면11f



도면12

Method	CRNN	CNN	RNN	ANN	RBF-SVM	RF
Accuracy	<u>0.9494</u>	0.6603	0.8943	0.8014	0.7106	0.9068
Precision _Failure	<u>0.9841</u>	0.9379	0.9440	0.9069	0.5696	0.9094