

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024년 2월 1일 (01.02.2024)



(10) 국제공개번호

WO 2024/025337 A1

(51) 국제특허분류:

G06T 7/62 (2017.01)

G06T 7/11 (2017.01)

G06T 7/70 (2017.01)

G06T 3/00 (2006.01)

G06F 18/23 (2023.01)

(72)

발명자: 이동은 (LEE, Dong-Eun); 41566 경상북도 북구 대학로 80, Gyeongsangbuk-do (KR). 이규만 (LEE, Kyu-man); 41566 경상북도 북구 대학로 80, Gyeongsangbuk-do (KR).

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2023/010832

(22) 국제출원일:

2023년 7월 26일 (26.07.2023)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2022-0093254 2022년 7월 27일 (27.07.2022) KR

(71) 출원인: 경북대학교 산학협력단 (KYUNGPOOK NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 41566 경상북도 북구 대학로 80, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74)

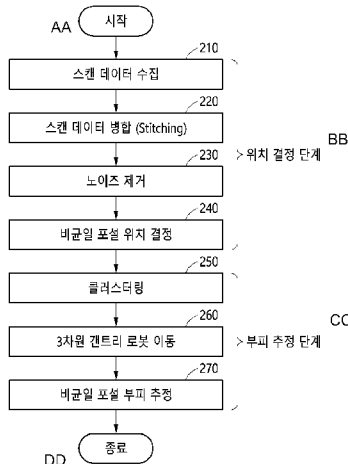
대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW FIRM); 06144 서울특별시 강남구 언주로 560, 8층, Seoul (KR).

(81)

지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ESTIMATING VOLUME IN WHICH POWDERY MATERIAL IS NON-UNIFORMLY LAID

(54) 발명의 명칭: 분말 재료의 비균일 포설 부피 추정 방법 및 장치



210 ... Collect scan data
220 ... Merge scan data (stitching)
230 ... Remove noise
240 ... Determine position of non-uniform arrangement
250 ... Clustering
260 ... Movement by 3D gantry robot
270 ... Estimate volume of non-uniform arrangement
AA ... Start
BB ... Steps for determining position
CC ... Steps for estimating volume
DD ... End

(57) Abstract: Disclosed are a method and device for estimating the volume in which a powdery material is non-uniformly laid. The method for estimating the volume of non-uniform arrangement comprises the steps of: acquiring scan data for the entire target area from at least one initial scan position, which is determined on the basis of the size of the target area and the field of view (FOV) of a camera that is scanning the target region; merging scan data acquired at a position moved from the at least one initial scan position by means of a three-dimensional gantry robot; generating modified scan data by removing scan points on the edges from scan points included in the merged scan data; determining an initial position of non-uniform arrangement in the target area, through a planar model determined on the basis of distances between scan points included in the modified scan data; redetermining the position to be scanned by the camera, by clustering outliers identified at the initial position of non-uniform arrangement; and determining a final position of non-uniform arrangement, by using scan data at the redetermined scan position of the camera, and estimating the volume of non-uniform arrangement at a position determined to be the final position of non-uniform arrangement.

(57) 요약서: 분말 재료의 비균일 포설 부피 추정 방법 및 장치가 개시된다. 비균일 포설 부피 추정 방법은 타겟 영역의 크기 및 상기 타겟 영역을 스캔하는 카메라의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 상기 타겟 영역의 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하는 단계; 3차원 갠트리 로봇을 통해 이동된 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합하는 단계; 상기 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성하는 단계; 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정하는 단계; 상기 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라의 스캔 위치를 재결정하는 단계; 및 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 통해 최종 비균일 포설 위치를 결정하고, 결정된 최종 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[다음 쪽 계속]

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 분말 재료의 비균일 포설 부피 추정 방법 및 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 분말 재료의 비균일 포설 부피 추정 방법 및 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 컴퓨터 비전 기술을 기반으로 분말 재료의 비균일 포설 위치를 규명하고, 해당 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 거푸집 내에 비균일 포설 부위가 존재하면, 분말재료(예, 흙)를 쌓고 다지는 과정에서 오차가 누적되는 문제가 발생한다. 이를 해결하고자 포설을 균일하게 실행하기 위해서는 비균일하게 포설되거나 다져진 위치를 사전에 탐지하고 그 부피를 정확히 추정해야 한다.
- [3] 종래에는 비균일 포설 부위를 탐지 방법은 사람이 직접 육안으로 거푸집 내에 포설된 분말재료의 비균일 포설 부위를 탐지해야 하므로 노동집약적인 측면이 높아 시간이 많이 걸리고, 사용자의 숙련도에 따라 정확도의 차이가 많이 나는 문제가 있었다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명은 포설 및 다짐된 분말 재료의 표면으로부터 제1 거리에서 획득된 스캔 데이터에 컴퓨터 비전 기술 기반 기법들을 적용함으로써 보다 신속하고 정확하게 비균일 포설 위치를 탐지할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.
- [5] 또한, 본 발명은 탐지된 비균일 포설 위치에 대해 제1 거리보다 가까운 제2 거리에서 획득된 스캔 데이터를 이용하여 부피 추정 알고리즘을 적용함으로써 비균일 포설 위치에 대응하는 비균일 포설 부피를 보다 정확하게 추정할 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.

과제 해결 수단

- [6] 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법은 타겟 영역의 크기 및 상기 타겟 영역을 스캔하는 카메라의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 상기 타겟 영역 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하는 단계; 3차원 갠트리 로봇을 통해 이동된 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합하는 단계; 상기 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성하는 단계; 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정하는 단계; 상기 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라의

스캔 위치를 재결정하는 단계; 및 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 통해 최종 비균일 포설 위치를 결정하고, 결정된 최종 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [7] 상기 초기 스캔 위치는 상기 타겟 영역의 가로 크기 및 세로 크기와 상기 카메라의 수평 시야각에 기초하여 상기 스캔 높이가 결정되고, 상기 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터의 중첩 영역에 대한 길이를 통해 결정된 스캔 매수에 기초하여 상기 타겟 영역의 가로 방향 스캔 위치가 결정될 수 있다.
- [8] 상기 병합하는 단계는 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환하여 병합할 수 있다.
- [9] 상기 결정하는 단계는 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하는 단계; 상기 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하는 단계; 및 상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 상기 초기 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 식별할 수 있다.
- [10] 상기 재결정하는 단계는 상기 초기 비균일 포설 위치에서 이상치로 분류된 스캔 포인트들에 밀도 기반 클러스터링을 수행함으로써 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심을 획득하는 단계; 상기 각각의 이상치 클러스터에 대해 응집 클러스터링을 수행함으로써 이상치 클러스터를 병합하는 단계; 및 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 상기 카메라의 스캔 위치로 재결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [11] 상기 병합하는 단계는 상기 밀도 기반 클러스터링을 통해 클러스터링된 이상치 클러스터가 일정 개수 이하가 될 때까지, 상기 이상치 클러스터들 간의 분산이 가장 작게 증가되는 방향으로 병합할 수 있다.
- [12] 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치가 벽으로부터 일정 거리 미만에 존재하는 경우, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 벽으로부터 일정 거리를 초과하도록 수정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [13] 상기 결정하는 단계는 상기 결정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계를 더 포함하고, 상기 재결정하는 단계는 상기 추정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피에 기초하여 상기 재결정된 스캔 위치에서 상기 카메라의 스캔 높이를 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 따른 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법은 타겟 영역에 대해 결정된 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 획득하는 단계; 상기 획득된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 비균일 포설 위치를 식별하는 단계; 상기 식별된 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트들과 상기

평면 모델 간의 높이차 정보를 생성하는 단계; 상기 높이차 정보가 생성된 스캔 포인트들을 그리드 셀 별로 그룹화하여 상기 그리드 셀 별 개별 부피를 측정하는 단계; 및 상기 측정된 그리드 셀 별 개별 부피를 합산함으로써 상기 비균일 포설 위치 전체에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

- [15] 상기 식별하는 단계는 상기 획득된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하는 단계; 상기 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하는 단계; 및 상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 분류하는 단계를 포함할 수 있다.
- [16] 상기 생성하는 단계는 상기 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트와 상기 평면 모델의 한 점 사이의 높이 차이가 미리 설정된 오차 범위 이내인 경우, 해당 스캔 포인트의 높이 차이를 0으로 설정할 수 있다.
- [17] 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법을 수행하는 비균일 포설 부피 추정 장치는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는 타겟 영역의 크기 및 상기 타겟 영역을 스캔하는 카메라의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에 상기 타겟 영역 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하고, 3차원 갠트리 로봇을 통해 이동된 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합하며, 상기 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성하고, 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정하며, 상기 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라의 스캔 위치를 재결정하고, 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 통해 최종 비균일 포설 위치를 결정하고, 결정된 최종 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정할 수 있다.
- [18] 상기 초기 스캔 위치는 상기 타겟 영역의 가로 크기 및 세로 크기와 상기 카메라의 수평 시야각에 기초하여 상기 스캔 높이가 결정되고, 상기 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터의 중첩 영역에 대한 길이를 통해 결정된 스캔 매수에 기초하여 상기 타겟 영역의 가로 방향 스캔 위치가 결정될 수 있다.
- [19] 상기 프로세서는 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환하여 병합할 수 있다.
- [20] 상기 프로세서는 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하고, 상기 반복 과

정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하며, 상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 상기 초기 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 식별할 수 있다.

[21] 상기 프로세서는 상기 초기 비균일 포설 위치에서 이상치로 분류된 스캔 포인트들에 밀도 기반 클러스터링을 수행함으로써 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심을 획득하고, 상기 각각의 이상치 클러스터에 대해 응집 클러스터링을 수행함으로써 이상치 클러스터를 병합하며, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 상기 카메라의 스캔 위치로 재결정할 수 있다.

[22] 상기 프로세서는 상기 밀도 기반 클러스터링을 통해 클러스터링된 이상치 클러스터가 일정 개수 이하가 될 때까지, 상기 이상치 클러스터들 간의 분산이 가장 작게 증가되는 방향으로 병합할 수 있다.

[23] 상기 프로세서는 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치가 벽으로부터 일정 거리 미만에 존재하는 경우, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 벽으로부터 일정 거리를 초과하도록 수정할 수 있다.

[24] 상기 프로세서는 상기 결정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하고, 상기 추정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피에 기초하여 상기 재결정된 스캔 위치에서 상기 카메라의 스캔 높이를 결정할 수 있다.

발명의 효과

[25] 본 발명의 일실시예에 의하면, 포설 및 다짐된 분말 재료의 표면으로부터 제1 거리에서 획득된 스캔 데이터에 컴퓨터 비전 기술 기반의 기법들을 적용함으로써 보다 신속하고 정확하게 비균일 포설 위치를 탐지할 수 있다.

[26] 또한, 본 발명의 일실시예에 의하면, 탐지된 비균일 포설 위치에 대해 제1 거리보다 가까운 제2 거리에서 획득된 스캔 데이터를 이용하여 부피 추정 알고리즘을 적용함으로써 비균일 포설 위치에 대응하는 비균일 포설 부피를 보다 정확하게 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[27] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 시스템을 나타낸 도면이다.

[28] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 비균일 포설 부피 추정 장치가 수행하는 비균일 포설 부피 추정 방법을 나타낸 도면이다.

[29] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 스캔 매수가 2일 경우에 각각의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합한 결과를 나타낸 도면이다.

[30] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따라 벽면에서 감지된 이상값이 제거되어 수정된 스캔 데이터를 나타낸 도면이다.

- [31] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따라 RANSAC(RANdom SAMple Consensus) 알고리즘을 통해 결정된 평면 모델 및 평면 모델을 이용하여 분류된 이상치를 나타낸 도면이다.
- [32] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따라 DBSCAN(Density-based spatial clustering of applications with noise) 알고리즘을 통해 이상치로 분류된 스캔 포인트들을 클러스터링 한 결과 및 클러스터링된 이상치로 분류되는 스캔 포인트들의 중심을 나타낸 도면이다.
- [33] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따라 DBSCAN 알고리즘을 통해 이상치로 분류된 스캔 포인트들을 클러스터링 한 결과의 중심 및 응집 클러스터링 방법을 통해 클러스터가 병합된 결과를 나타낸 도면이다.
- [34] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 비균일 포설 부피 추정 방법을 구체화한 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [35] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [36] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 시스템을 나타낸 도면이다.
- [37] 도 1을 참고하면, 본 발명의 비균일 포설 부피 추정 시스템(100)은 바닥면에 분말 재료가 포설되어 다져진 육면체 형태의 거푸집(110)과 거푸집(110)의 상단에 배치되어 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 스캔 데이터를 획득하기 위한 카메라(120)를 이동시키는 3차원 갠트리 로봇(130)로 구성될 수 있다.
- [38] 이때, 비균일 포설 부피 추정 시스템(100)은 비균일 포설 부피 추정 장치(140)를 더 포함할 수 있으며, 이러한 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 일례로, 3차원 갠트리 로봇(130) 내에 배치될 수 있다. 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 카메라(120)를 통해 획득된 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 스캔 데이터를 무선 또는 유선을 통해 수신하고, 수신된 스캔 데이터에 기초하여 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 비균일 포설(Non-Uniform Placement)을 측정할 수 있다. 여기서 비균일 포설은 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료가 비균일하게 포설된 영역을 의미할 수 있다.
- [39] 일례로, 거푸집(110)은 가로 120cm, 세로 60cm 및 높이 90cm의 육면체 형태일 수 있으며, 바닥면에 분말 재료인 흙이 약 20cm 높이로 평평하게 포설되어 있다고 가정하자. 다만, 거푸집(110)의 바닥면에는 흙 뿐만 아니라 콘크리트, 아스콘, 방수 페인트 등 다양한 종류의 분말 재료가 포설될 수 있다.
- [40] 3차원 갠트리 로봇(130)에 장착되는 카메라(120)는 라이다(Lidar) 센서일 수 있으며, 카메라(120)를 통해 획득되는 스캔 데이터는 포인트 클라우드 데이터의 유형일 수 있다. 다만, 카메라(120)는 라이다 센서에 한정되지 않고, 분말 재료에 대한 3차원의 스캔 데이터를 획득할 수 있는 모든 종류의 센서가 이용될 수 있다.

- [41] 3차원 갠트리 로봇(130)는 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 스캔 데이터를 획득하기 위하여 카메라(120)를 3차원 축(x축, y축, z 축)에 따라 이동시킬 수 있다.
- [42] 이와 같이 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 3차원 갠트리 로봇(130)에 장착된 카메라(120)로부터 획득된 스캔 데이터를 이용하여 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 비균일 포설 위치를 측정하고, 측정된 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정할 수 있다.
- [43] 이때, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하기 위해 카메라(120) 및 3차원 갠트리 로봇(130)의 동작을 제어할 수 있다. 비균일 포설 부피 추정 장치(140)가 수행하는 비균일 포설 부피 추정 방법은 다음의 도면을 통해 자세히 설명하도록 한다.
- [44]
- [45] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 비균일 포설 부피 추정 장치가 수행하는 비균일 포설 부피 추정 방법을 나타낸 도면이다.
- [46] 도 2를 참고하면, 본 발명의 비균일 포설 부피 추정 장치(140)가 수행하는 비균일 포설 부피 추정 방법은 크게 위치 결정 단계 및 부피 추정 단계의 2단계로 구성될 수 있다.
- [47] 보다 구체적으로 위치 결정 단계는 1) 스캔 데이터 수집, 2) 수집된 스캔 데이터의 병합(Stitching), 3) 노이즈 제거 및 4) 비균일 포설 위치 결정의 4단계로 구성될 수 있고, 부피 추정 단계는 1) 계층적 클러스터링, 2) 3차원 갠트리 로봇 이동 및 3) 비균일 포설 부피 추정의 3단계로 구성될 수 있다.
- [48] 먼저, 단계(210)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 거푸집(110)의 크기 및 거푸집(110)을 스캔하는 카메라(120)의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 스캔 위치에 기초하여 3차원 갠트리 로봇(130)의 이동을 제어함으로써 거푸집(110)의 바닥면 전체에 대한 스캔 데이터를 획득할 수 있다.
- [49] 이때, 카메라(120)는 거푸집(110)의 바닥면에 수직으로 설치될 수 있으며, 3차원 갠트리 로봇(130)의 이동에 따라 거푸집(110)의 바닥면을 분할 촬영함으로써 바닥면 전체에 대한 스캔 데이터를 수집할 수 있다.
- [50] 일례로, 도 1에서와 같이 카메라(120)의 가로 방향(x축) FOV가 α , 세로 방향(y축) FOV가 β 이고, 거푸집(110)의 가로 방향(x축) 크기가 w , 세로 방향(y축) 크기가 h 일 때, $w > h$ 를 만족해야 하며, 이와 같은 조건을 만족하는 카메라(120)의 최소 스캔 높이 d 는 아래의 식 1과 같이 구할 수 있다.
- [51] <식 1>

$$[52] \quad d \times \tan(\alpha/2) \times 2 \geq h$$

$$d \geq \frac{h}{\tan(\alpha/2) \times 2}$$

[53] 이때, 카메라(120)를 통해 획득되는 스캔 데이터의 세로 길이 γ 는 아래의 식 2와 같을 수 있다.

[54] <식 2>

$$[55] \quad \gamma = d \times \tan(\beta/2) \times 2$$

[56] 여기서, 카메라(120)를 통해 획득되는 스캔 데이터들 사이에서 겹치는 부분의 길이를 λ 라 하자. 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 이와 같이 결정된 λ 를 이용하여 카메라(120)의 대략적인 스캔 매수 n 을 아래의 식 3과 같이 구할 수 있다.

[57] <식 3>

$$[58] \quad \gamma + (\gamma - \lambda) \times (n - 1) \geq w$$

$$n \geq \frac{w - \gamma}{\gamma - \lambda} + 1$$

[59] 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 이와 같이 구해진 스캔 매수를 이용하여 카메라(120)의 초기 스캔 위치의 좌표를 결정할 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이 거푸집(110)의 바닥면 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하기 위하여 카메라(120)가 장착된 3차원 갠트리 로봇(130)는 세로 방향(y축)의 좌표가 고정되어, 가로 방향(x축)으로만 움직일 수 있다. 다시 말하자면, 카메라(120)의 세로 방향(y축)의 좌표는 $h/2$ 에 고정되고, 높이 방향(z축)의 좌표는 최소 스캔 높이 d 이상의 어느 한 점에 고정될 수 있다.

[60] 카메라(120)의 가로 방향(x축) 좌표는 상기의 식 3을 통해 구해진 스캔 매수를 사용하여 카메라(120) 사이의 간격 값($interval = w/(n + 1)$)을 구하고, 거푸집(110)의 가장자리에서 구해진 간격 값을 하나씩 더함으로써 아래의 식 4와 같이 결정될 수 있다.

[61] <식 4>

$$[62] \quad x_i = interval \times i, 1 \leq i \leq n$$

[63] 단계(220)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합할 수 있다. 이때, 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터는 기준 좌표계가 서로 달라 등록이 되지 않을 수 있다. 따라서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇(130)의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환하여 병합할 수 있다.

- [64] 일례로, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따라 스캔 매수가 2인 경우 각각의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합한 결과를 나타낸다. 위에서 언급한 바와 같이 카메라(120)의 세로 방향(y축)의 좌표는 $h/2$ 에 고정되고, 높이 방향(z축)의 좌표는 최소 스캔 높이 d 이상의 어느 한 점에 고정될 수 있다. 이때, 스캔 매수가 2인 경우, 카메라(120)의 가로 방향(x축) 좌표는 식 4에 따라 $w/3$ 및 $2w/3$ 일 수 있다. 즉, 도 3의 (310)은 카메라(120)의 가로 방향(x축) 좌표가 $w/3$ 인 경우에 획득된 스캔 데이터이고, 도 3의 (320)은 카메라(120)의 가로 방향(x축) 좌표가 $2w/3$ 인 경우에 획득된 스캔 데이터이다.
- [65] 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 이와 같이 획득된 각각의 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇(130)의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환함으로써 도 3의 (330)과 같이 병합된 스캔 데이터를 획득할 수 있다.
- [66] 단계(230)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성할 수 있다. 이는 병합된 스캔 데이터에서 본 발명이 탐지하고자 하는 거푸집(110)의 바닥면이 아닌 벽면에서 감지된 스캔 포인트들, 즉 노이즈를 제거하기 위한 것이다.
- [67] 이를 위해 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 병합된 스캔 데이터의 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 주어진 사용자 범위에 기초하여 제거할 수 있다. 일례로, 도 4의 (410)은 각각의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합한 결과이고, 도 4의 (420)은 병합된 스캔 데이터 중 노이즈에 대응하는 벽면의 스캔 포인트들이 제거되어 수정된 스캔 데이터를 나타낼 수 있다.
- [68] 단계(240)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 거푸집(110)의 바닥면에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정할 수 있다.
- [69] 보다 구체적으로 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복할 수 있다.
- [70] 이후 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정할 수 있다. 이때, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 결정된 평면 모델을 이용하여 임계값 내에 있는 스캔 포인트들을 인라이어(inlier)로 분류하고, 임계치를 초과하는 스캔 포인트들을 아웃라이어(outlier), 즉 이상치로 분류할 수 있다.
- [71] 일례로, 도 5의 (510)은 본 발명의 일실시예에 따라 RANSAC(RANdom SAMple Consensus) 알고리즘을 통해 결정된 평면 모델을 나타낸 것이고, 도 5의 (520)은 평면 모델을 이용하여 분류된 이상치를 나타낸 것이다. 이때, 평면 모델을 기준으로 +z축 방향으로 임계치를 초과하는 스캔 포인트들은 이상치 중 언덕으로 분류되고, -z축 방향으로 임계치를 초과하는 스캔 포인트들은 이상치 중 구멍으로

분류된 것을 확인할 수 있다. 이때, 평면 모델을 결정하기 위해 사용되는 알고리즘으로 RANSAC 알고리즘은 하나의 예시일 뿐 이에 한정되지 않는다.

[72] 한편, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 결정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정할 수 있다. 이와 같이 추정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피는 이후 단계에서 활용될 수 있다.

[73] 단계(250)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라(120)의 스캔 위치를 재결정할 수 있다. 단계(210)에서 획득된 스캔 데이터는 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료의 표면으로부터 제1 거리만큼 이격된 카메라(120)로부터 획득된 데이터일 수 있다. 이러한 제1 거리에서 획득된 스캔 데이터는 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료에 대한 비균일 포설 위치를 결정하는데 이용될 수 있지만, 결정된 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는데 정보가 충분하지 않을 수 있다.

[74] 따라서, 본 발명의 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 보다 정확히 추정하기 위하여 비균일 포설 위치에 대해 보다 자세한 스캔 데이터를 획득할 수 있도록 카메라(120)의 스캔 위치를 재결정할 수 있다.

[75] 이를 위해 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 이상치로 분류된 스캔 포인트들에 대해 밀도 기반 클러스터링을 수행하고, 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심을 획득할 수 있다. 일례로, 도 6의 (610)은 본 발명의 일 실시예에 따라 DBSCAN(Density-based spatial clustering of applications with noise) 알고리즘을 통해 이상치로 분류된 스캔 포인트들을 클러스터링 한 결과를 나타내고, 도 6의 (620)은 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터의 중심을 나타낸 도면이다. 이때, 스캔 포인트들을 클러스터링 하기 위한 알고리즘으로 DBSCAN 알고리즘은 하나의 예시일 뿐 이에 한정되지 않는다.

[76] 이와 같이 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심의 좌표는 3차원 갠트리 로봇(130)에 전달될 수 있으며, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 3차원 갠트리 로봇(130)에 의해 이동된 스캔 위치에서 다시 획득된 카메라(120)의 스캔 데이터를 이용함으로써 보다 정확한 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정할 수 있다.

[77] 이때, 비균일 포설 부피를 추정하기 위해 획득된 스캔 데이터는 거푸집(110)의 바닥면에 포설된 분말 재료의 표면으로부터 제1 거리 보다 짧은 제2 거리만큼 이격된 카메라(120)로부터 획득된 데이터일 수 있다. 즉, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 비균일 포설 위치에 대해 보다 근접한 거리에서 촬영한 스캔 데이터를 이용함으로써 비균일 포설 부피를 보다 정확하게 추정할 수 있다. 이를 위해 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 초기 비균일 포설 위치에 대해 추정된 비균일 포설 부피에 기초하여 재결정된 스캔 위치에서 카메라(120)의 스캔 높이를 결정할 수 있다.

- [78] 다만, 이상치 클러스터가 너무 많은 경우, 3차원 갠트리 로봇(130)이 모든 이상치 클러스터로 이동하는 것은 비효율적이며, 이상치 클러스터의 중심 좌표가 벽 쪽에 가까우면 3차원 갠트리 로봇(130)이 벽쪽으로 이동하기 어렵기 때문에 이상치 클러스터의 중심 좌표를 수정해야 한다.
- [79] 따라서, 본 발명의 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 밀도 기반 클러스터링을 통해 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대해 계층적(Hierarchical) 클러스터링 중 응집(Agglomerative) 클러스터링을 다시 한번 수행할 수 있다. 일례로, 도 7의 (710)은 본 발명의 일실시예에 따라 밀도 기반 클러스터링 방법인 DBSCAN 알고리즘을 통해 이상치로 분류된 스캔 포인트들을 클러스터링 한 이상치 클러스터의 중심을 나타낸 것이고, 도 7의 (720)은 응집 클러스터링 방법을 통해 모든 이상치 클러스터들 간 분산을 가장 작게 증가시키는 두 이상치 클러스터를 병합하고, 이 과정을 5개의 이상치 클러스터만 남을 때까지 반복한 결과이다.
- [80] 이때, 응집 클러스터링을 통해 병합된 이상치 클러스터의 중심이 벽과 매우 가까우면 3차원 갠트리 로봇(130)의 이동에 제약되므로, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 3차원 갠트리 로봇(130)의 이동을 고려하여 벽으로부터 일정 거리(ex. 10cm) 이상 떨어질 수 있도록 병합된 이상치 클러스터의 중심 좌표를 수정할 수 있다.
- [81] 이와 같이 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 응집 클러스터링을 통해 이상치 클러스터를 병합하고, 병합된 이상치 클러스터의 중심 좌표 수정을 통해 비균일 포설 부피를 추정하기 위한 카메라(120)의 스캔 위치가 재결정될 수 있다.
- [82] 단계(260)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 이와 같이 재결정된 카메라(120)의 스캔 위치에 기초하여 3차원 갠트리 로봇(130)의 이동을 제어할 수 있으며, 단계(270)에서, 재결정된 카메라(120)의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 통해 비균일 포설 부피를 보다 높은 정확도로 추정할 수 있다.
- [83]
- [84] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 비균일 포설 부피 추정 방법을 구체화한 도면이다.
- [85] 단계(810)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 3차원 갠트리 로봇(130)을 제어함으로써 재결정된 카메라(120)의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 획득할 수 있다. 이때, 획득되는 스캔 데이터는 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터보다 비균일 포설 위치로부터 더 가까운 거리에서 측정된 데이터일 수 있다.
- [86] 단계(820)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇(130)의 원점을 이용하여 절대 좌표로 변환한 후 노이즈를 제거할 수 있다.
- [87] 단계(830)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 노이즈가 제거된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호 간의 거리에 기초하여 평면 모델을 결정한 후 거꾸집(110)의 바닥면에 존재하는 비균일 포설 위치를 식별할 수 있다.

- [88] 단계(840)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 식별된 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트들과 평면 모델 간의 높이차 정보를 생성할 수 있다. 일례로, 평면 모델의 방정식은 $ax + by + cz + d = 0$ 로 제시될 수 있으며, 상수 a, b, c, d 는 주어진 값을 가질 수 있다. 이때, 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트의 좌표가 (i, j, k) 이고, 평면 모델의 한 점의 좌표가 (w, q, l) 이며, $w = i, q = j$ 라고 가정한다면, 이때 l 은 아래의 식 5와 같을 수 있다.
- [89] <식 5>
- [90]
$$aw + bq + cl + d = 0$$

$$l = (-aw - bq - d)/c$$
- [91] 따라서 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트 (i, j, k) 와 평면 모델의 한 점 (w, q, l) 사이의 높이 차이는 $1 - k$ 가 될 수 있다. 이때, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 높이 차이 $1 - k$ 가 미리 설정된 오차 범위 내에 있으면 해당 스캔 포인트의 높이 차이를 0으로 하고, 미리 설정된 오차 범위를 초과하는 경우, 높이 차이 $1 - k$ 를 해당 스캔 포인트의 높이차 정보로 생성할 수 있다. 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 비균일 포설 위치에 대응하는 모든 스캔 포인트에 대해 해당 작업을 반복함으로써 높이차 정보를 생성할 수 있다.
- [92] 단계(850)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 높이차 정보가 생성된 스캔 포인트들에 그리드를 생성하고, 생성된 그리드 셀 별로 스캔 포인트들을 그룹화할 수 있다.
- [93] 단계(860)에서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 그리드 셀 별로 각각 그룹화된 스캔 포인트들 각각의 높이차 정보를 이용하여 그리드 셀 별 개별 부피를 측정하고, 측정된 그리드 셀 별 개별 부피를 모두 합산함으로써 비균일 포설 위치에 대한 전체 부피를 추정할 수 있다. 이때, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 그리드 셀 중 일정 기준 이상의 스캔 포인트들이 존재하는 그리드 셀만 부피 추정에 이용하고, 그렇지 못한 그리드 셀은 부피 추정에 이용하지 않을 수 있다.
- [94] 만약 그리드 셀 중 어느 하나의 그리드 셀에 n 개의 스캔 포인트가 있다고 가정한다면, 각 스캔 포인트는 평면 모델과의 사이에 대한 높이차 정보를 포함할 수 있다. 이때, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 스캔 포인트들이 균일하게 분포되어 있다고 가정하므로 그리드 셀을 n 개의 정사각형으로 나눌 수 있으며, 각 정사각형에는 해당 정사각형에 속하는 스캔 포인트들의 높이차 정보가 존재할 수 있다.
- [95] 따라서, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 n 개의 정사각형 기둥 각각에 대한 부피의 합을 통해 해당 그리드 셀에 대한 개별 부피를 얻을 수 있다. 각 기둥의 넓이는 $1/n \text{ cm}^2$ 이고, 높이가 d 일 때 그리드 셀의 개별 부피는 아래의 식 6과 같을 수 있다.
- [96] <식 6>

[97]

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \times d_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

[98]

즉, 높이를 평균한 후 $1cm^2$ 를 곱하면 해당 그리드 셀의 개별 부피를 구할 수 있다. 이때, 비균일 포설 위치가 여러 스캔 위치에서 스캔된 경우 일부 그리드 셀에는 이미 개별 부피 값이 있을 수 있으며, 이 경우 기존의 개별 부피 값과 새로 얻은 개별 부피 값의 평균을 해당 그리드 셀의 개별 부피 값으로 결정할 수 있다.

[99]

다만, 이와 같은 비균일 포설 부피 결정 방법은 상기의 예에 한정되지 않고, 다양한 방법이 이용될 수 있다. 일례로, 비균일 포설 부피 추정 장치(140)는 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트에 볼 피벗팅(Ball-Pivoting) 알고리즘 또는 표면 재구성(Surface Reconstruction) 알고리즘 등을 적용하여 메쉬(Mesh)를 형성하고, 형성된 메쉬를 이용하여 비균일 포설 부피를 추정함으로써 보다 정확한 부피 값을 결정할 수 있다.

[100]

한편, 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성되어 마그네틱 저장매체, 광학적 판독매체, 디지털 저장매체 등 다양한 기록 매체로도 구현될 수 있다.

[101]

본 명세서에 설명된 각종 기술들의 구현들은 디지털 전자 회로조직으로, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어로, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현들은 데이터 처리 장치, 예를 들어 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들의 동작에 의한 처리를 위해, 또는 이 동작을 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램 제품, 즉 정보 캐리어, 예를 들어 기계 판독가능 저장 장치(컴퓨터 판독가능 매체) 또는 전파 신호에서 유형적으로 구체화된 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램(들)과 같은 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 또는 인터프리트된 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 구성요소, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적절한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에서 하나의 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들 상에서 처리되도록 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호 연결되도록 전개될 수 있다.

[102]

컴퓨터 프로그램의 처리에 적절한 프로세서들은 예로서, 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 다, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 명령어들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 요소들은 명령어들을 실행하는 적어도 하나의 프로세서 및 명령어들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 장치들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하는 하나 이상의 대량 저장 장치들, 예를 들어 자기, 자기-광 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함할 수 있거나, 이것들로부터 데이터를 수신하거나

나 이것들에 데이터를 송신하거나 또는 양쪽으로 되도록 결합될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들 및 데이터를 구체화하는데 적절한 정보 캐리어들은 예로서 반도체 메모리 장치들, 예를 들어, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory), DVD(Digital Video Disk)와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 롬(ROM, Read Only Memory), 램(RAM, Random Access Memory), 플래시 메모리, EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 등을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로조직에 의해 보충되거나, 이에 포함될 수 있다.

- [103] 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용매체일 수 있고, 컴퓨터 저장매체 및 전송매체를 모두 포함할 수 있다.
- [104] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.
- [105] 마찬가지로, 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 장치 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 장치들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징 될 수 있다는 점을 이해하여야 한다.
- [106] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 타겟 영역의 크기 및 상기 타겟 영역을 스캔하는 카메라의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 상기 타겟 영역 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하는 단계;
3차원 갠트리 로봇을 통해 이동된 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합하는 단계;
상기 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성하는 단계;
상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정하는 단계;
상기 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라의 스캔 위치를 재결정하는 단계; 및
상기 재결정된 카메라의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 통해 최종 비균일 포설 위치를 결정하고, 결정된 최종 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계
를 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 초기 스캔 위치는,
상기 타겟 영역의 가로 크기 및 세로 크기와 상기 카메라의 수평 시야각에 기초하여 상기 스캔 높이가 결정되고,
상기 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터의 중첩 영역에 대한 길이를 통해 결정된 스캔 매수에 기초하여 상기 타겟 영역의 가로 방향 스캔 위치가 결정되는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 병합하는 단계는,
상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환하여 병합하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 결정하는 단계는,
상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하는 단계;
상기 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하는 단계; 및

상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 상기 초기 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 식별하는 단계를 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.

- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 재결정하는 단계는,
상기 초기 비균일 포설 위치에서 이상치로 분류된 스캔 포인트들에 밀도 기반 클러스터링을 수행함으로써 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심을 획득하는 단계;
상기 각각의 이상치 클러스터에 대해 응집 클러스터링을 수행함으로써 이상치 클러스터를 병합하는 단계; 및
상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 상기 카메라의 스캔 위치로 재결정하는 단계
를 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,
상기 병합하는 단계는,
상기 밀도 기반 클러스터링을 통해 클러스터링된 이상치 클러스터가 일정 개수 이하가 될 때까지, 상기 이상치 클러스터들 간의 분산이 가장 작게 증가되는 방향으로 병합하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 7] 제5항에 있어서,
상기 재결정된 카메라의 스캔 위치가 벽으로부터 일정 거리 미만에 존재하는 경우, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 벽으로부터 일정 거리를 초과하도록 수정하는 단계
를 더 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 8] 제1항에 있어서,
상기 결정하는 단계는,
상기 결정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계
를 더 포함하고,
상기 재결정하는 단계는,
상기 추정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피에 기초하여 상기 재결정된 스캔 위치에서 상기 카메라의 스캔 높이를 결정하는 단계를 더 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.
- [청구항 9] 타겟 영역에 대해 결정된 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 획득하는 단계;
상기 획득된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 비균일 포설 위치를 식별하는 단계;

상기 식별된 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트들과 상기 평면 모델 간의 높이차 정보를 생성하는 단계;
 상기 높이차 정보가 생성된 스캔 포인트들을 그리드 셀 별로 그룹화하여 상기 그리드 셀 별 개별 부피를 측정하는 단계; 및
 상기 측정된 그리드 셀 별 개별 부피를 합산함으로써 상기 비균일 포설 위치 전체에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 단계
 를 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.

[청구항 10]

제9항에 있어서,
 상기 식별하는 단계는,
 상기 획득된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하는 단계;
 상기 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하는 단계; 및
 상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 분류하는 단계
 를 포함하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.

[청구항 11]

제9항에 있어서,
 상기 생성하는 단계는,
 상기 비균일 포설 위치에 대응하는 스캔 포인트와 상기 평면 모델의 한 점 사이의 높이 차이가 미리 설정된 오차 범위 이내인 경우, 해당 스캔 포인트의 높이 차이를 0으로 설정하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법.

[청구항 12]

타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 방법을 수행하는 비균일 포설 부피 추정 장치에 있어서,
 상기 비균일 포설 부피 추정 장치는 프로세서를 포함하고,
 상기 프로세서는,
 타겟 영역의 크기 및 상기 타겟 영역을 스캔하는 카메라의 시야각(Field Of View, FOV)에 기초하여 결정된 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 상기 타겟 영역 전체에 대한 스캔 데이터를 획득하고, 3차원 랜트리 로봇을 통해 이동된 상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 병합하며, 상기 병합된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 가장자리에 위치한 스캔 포인트들을 제거함으로써 수정된 스캔 데이터를 생성하고, 상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 상호간의 거리에 기초하여 결정된 평면 모델을 통해 상기 타겟 영역에 존재하는 초기 비균일 포설 위치를 결정하며, 상기 초기 비균일 포설 위치에서 식별되는 이상치들을 클러스터링 함으로써 카메라의 스캔 위치를 재결정하고, 상기 재결정된 카메라의 스캔 위치에서의 스캔 데이터를 통해 최종 비

균일 포설 위치를 결정하고, 결정된 최종 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 초기 스캔 위치는,
상기 타겟 영역의 가로 크기 및 세로 크기와 상기 카메라의 수평 시야각에 기초하여 상기 스캔 높이가 결정되고,
상기 적어도 하나 이상의 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터의 중첩 영역에 대한 길이를 통해 결정된 스캔 매수에 기초하여 상기 타겟 영역의 가로 방향 스캔 위치가 결정되는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 14] 제12항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 적어도 하나 이상의 초기 스캔 위치에서 획득된 스캔 데이터를 3차원 갠트리 로봇의 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로 변환하여 병합하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 15] 제12항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 수정된 스캔 데이터에 포함된 스캔 포인트들 중 임의의 스캔 포인트들을 추출하여 예비 평면을 생성한 후 상기 생성된 예비 평면과 일정 거리 이하에 존재하는 스캔 포인트들을 식별하는 과정을 반복하고, 상기 반복 과정을 통해 생성된 예비 평면들 중 상기 식별된 스캔 포인트들이 최대가 되는 예비 평면을 평면 모델로 결정하며, 상기 결정된 평면 모델과 일정 거리를 초과하여 존재하는 스캔 포인트들을 상기 초기 비균일 포설 위치에 대응하는 이상치로 식별하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 16] 제12항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 초기 비균일 포설 위치에서 이상치로 분류된 스캔 포인트들에 밀도 기반 클러스터링을 수행함으로써 클러스터링된 각각의 이상치 클러스터에 대한 중심을 획득하고, 상기 각각의 이상치 클러스터에 대해 응집 클러스터링을 수행함으로써 이상치 클러스터를 병합하며, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 상기 카메라의 스캔 위치로 재결정하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 17] 제16항에 있어서,
상기 프로세서는,
상기 밀도 기반 클러스터링을 통해 클러스터링된 이상치 클러스터가 일정 개수 이하가 될 때까지, 상기 이상치 클러스터들 간의 분산이 가장 작게 증가되는 방향으로 병합하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 18] 제16항에 있어서,
상기 프로세서는,

상기 재결정된 카메라의 스캔 위치가 벽으로부터 일정 거리 미만에 존재하는 경우, 상기 병합된 이상치 클러스터의 중심을 벽으로부터 일정 거리를 초과하도록 수정하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[청구항 19]

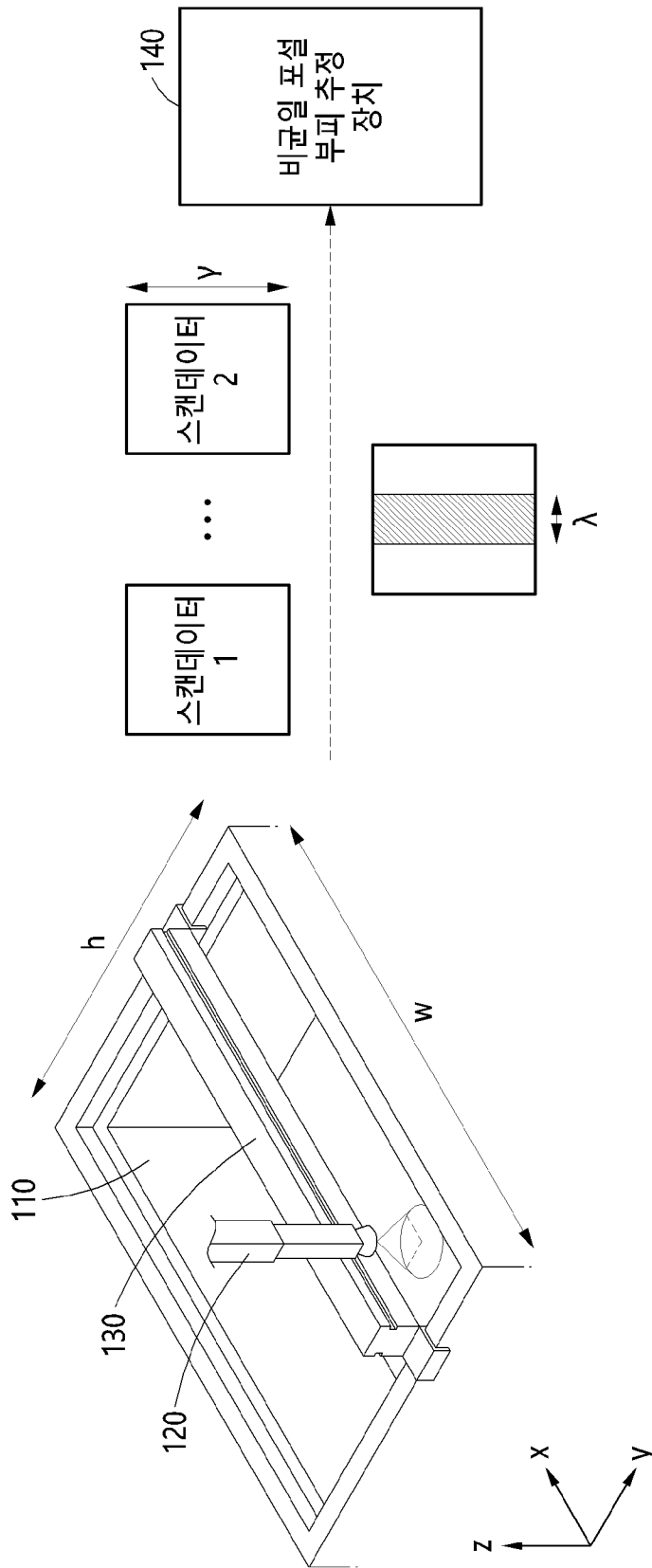
제12항에 있어서,

상기 프로세서는,

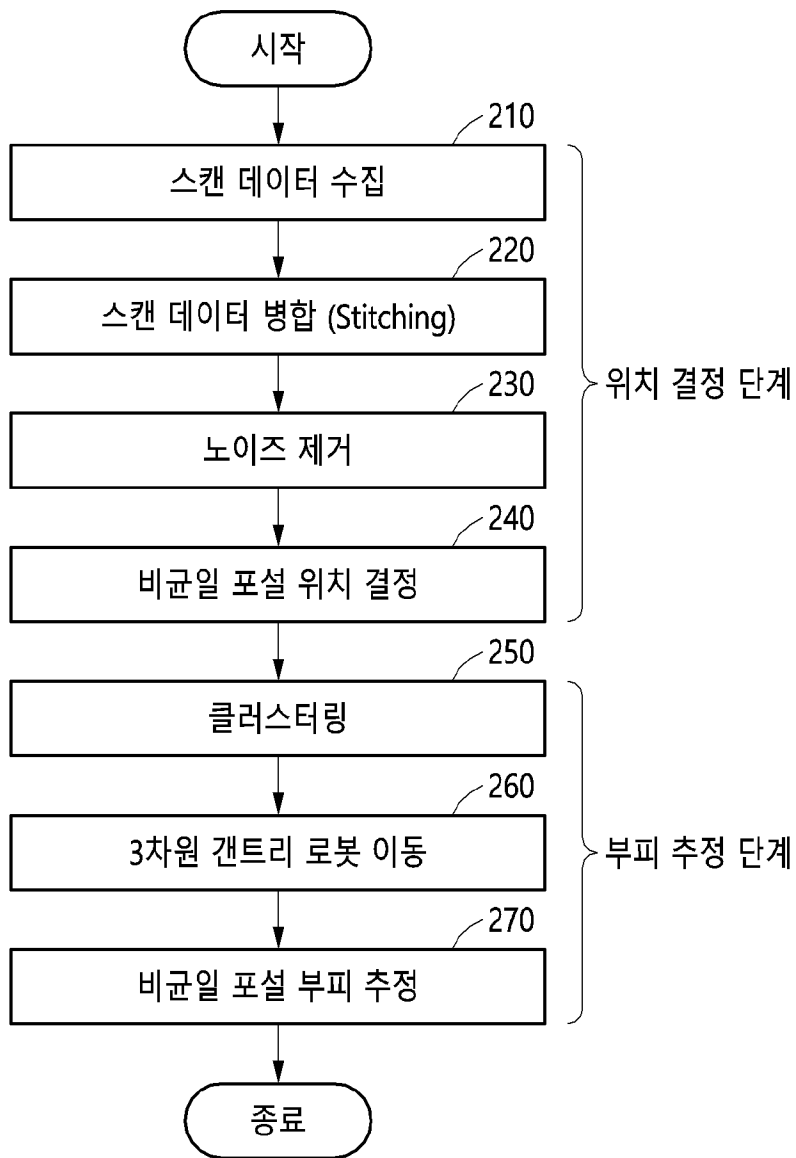
상기 결정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피를 추정하고, 상기 추정된 초기 비균일 포설 위치에 대한 비균일 포설 부피에 기초하여 상기 재결정된 스캔 위치에서 상기 카메라의 스캔 높이를 결정하는 타겟 영역의 비균일 포설 부피 추정 장치.

[도 1]

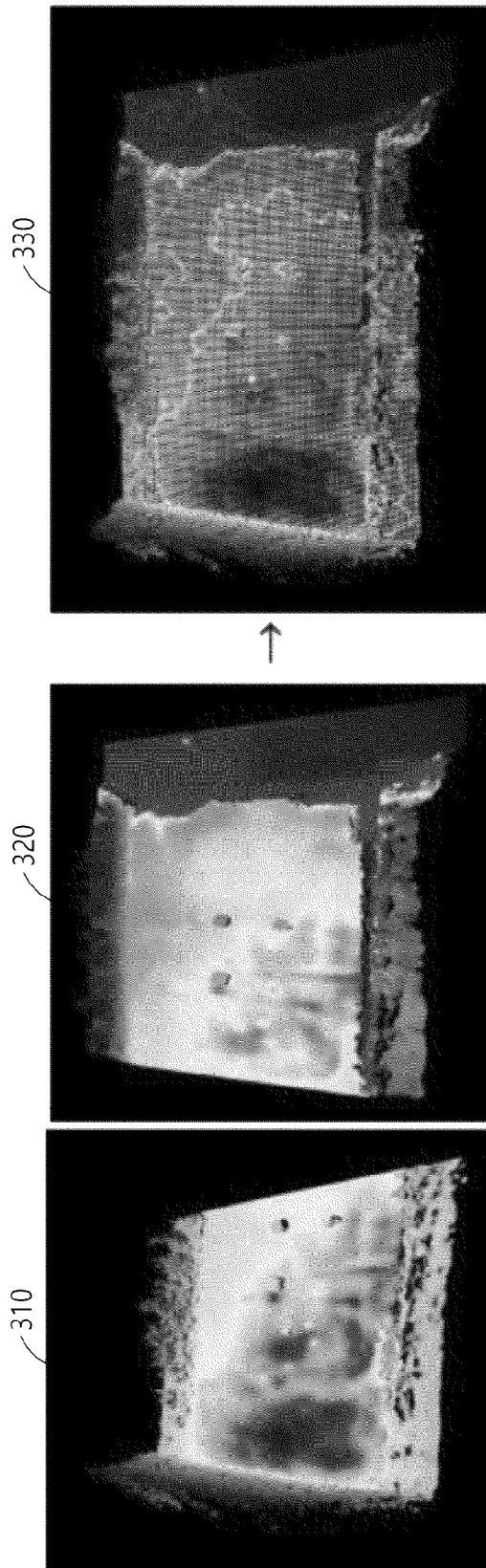
100



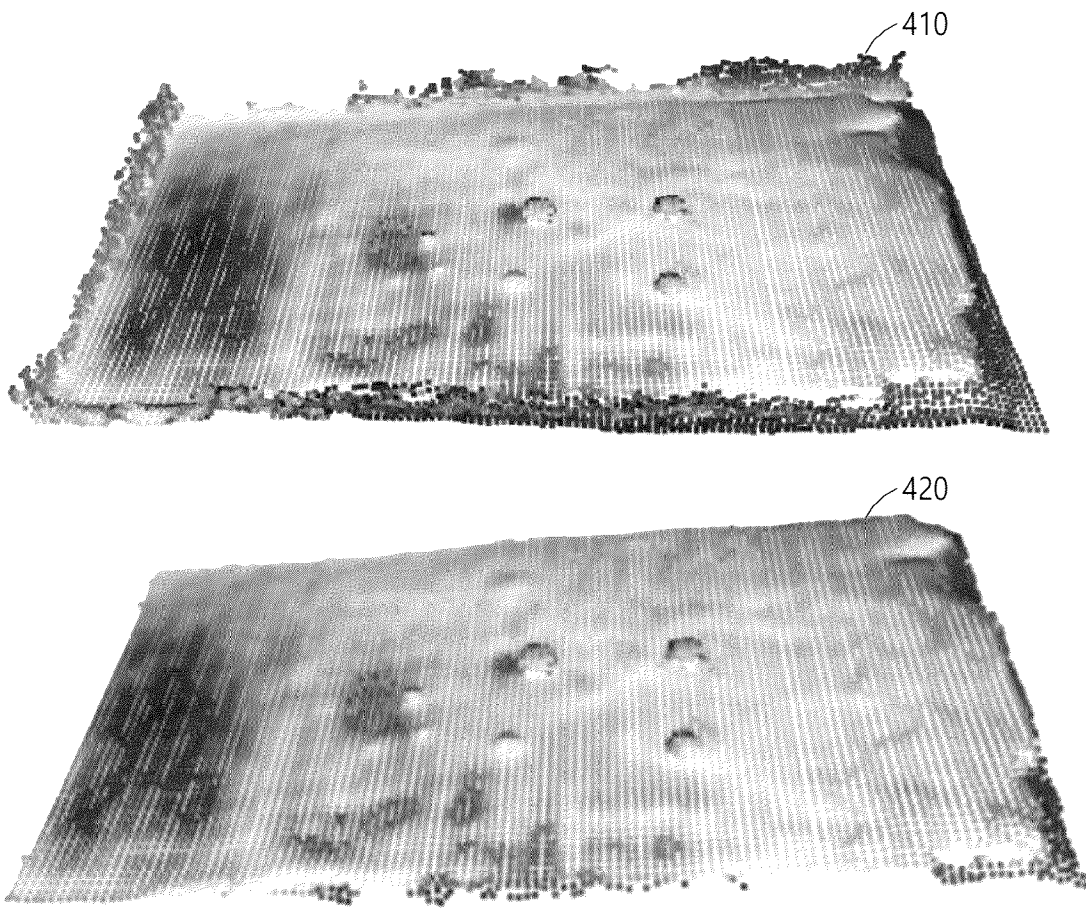
[도2]



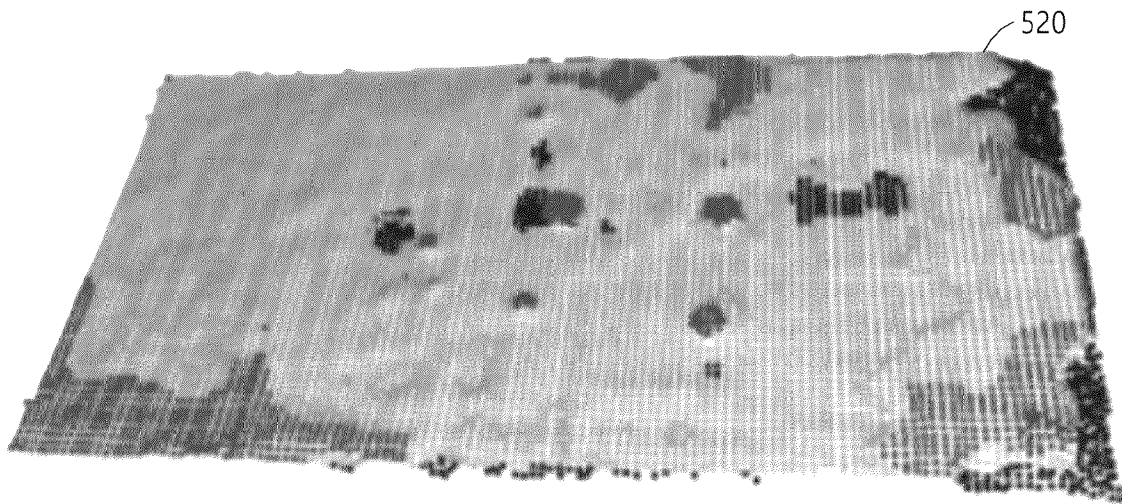
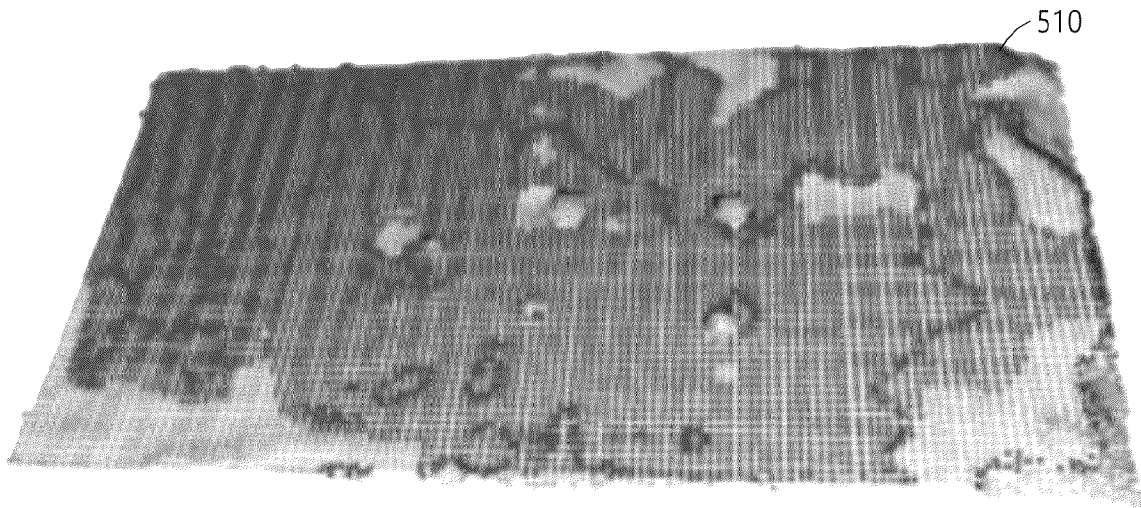
[도3]



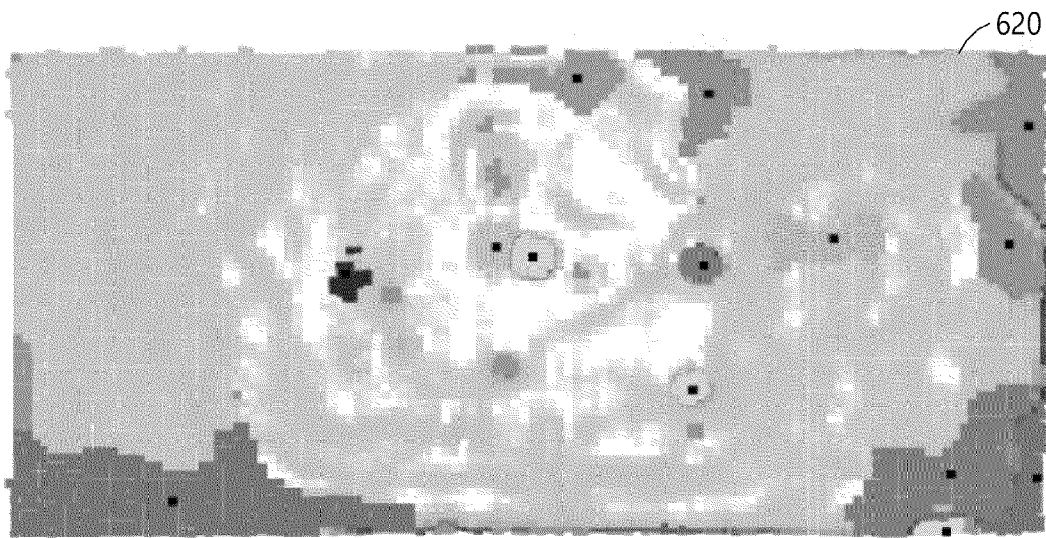
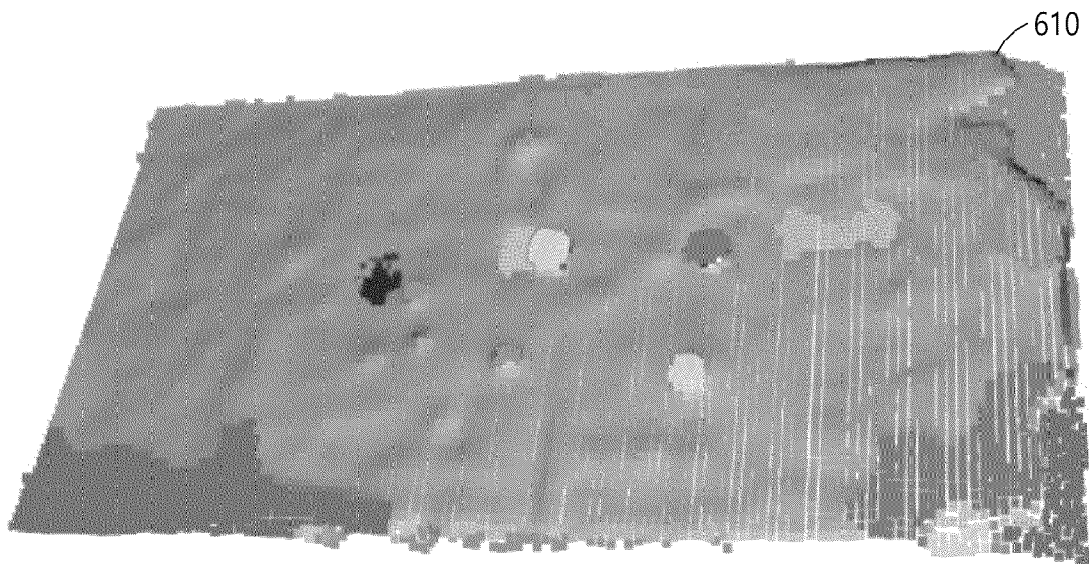
[도4]



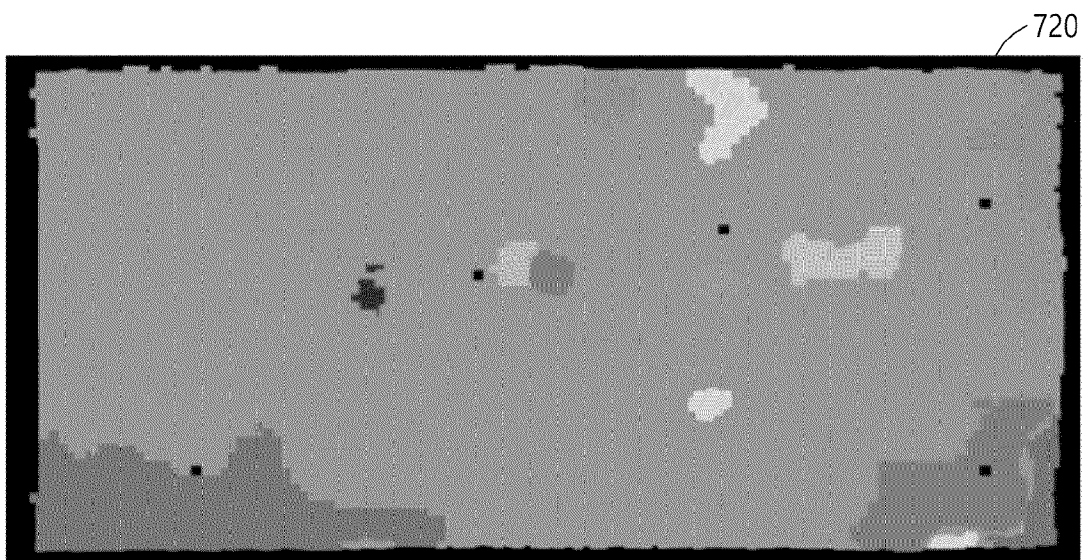
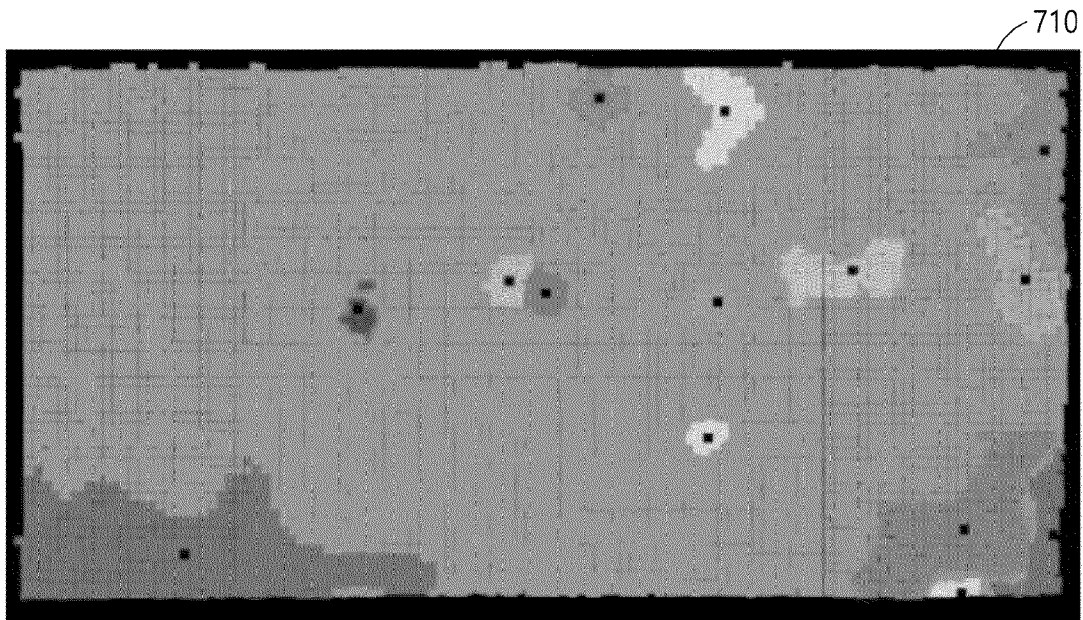
[도5]



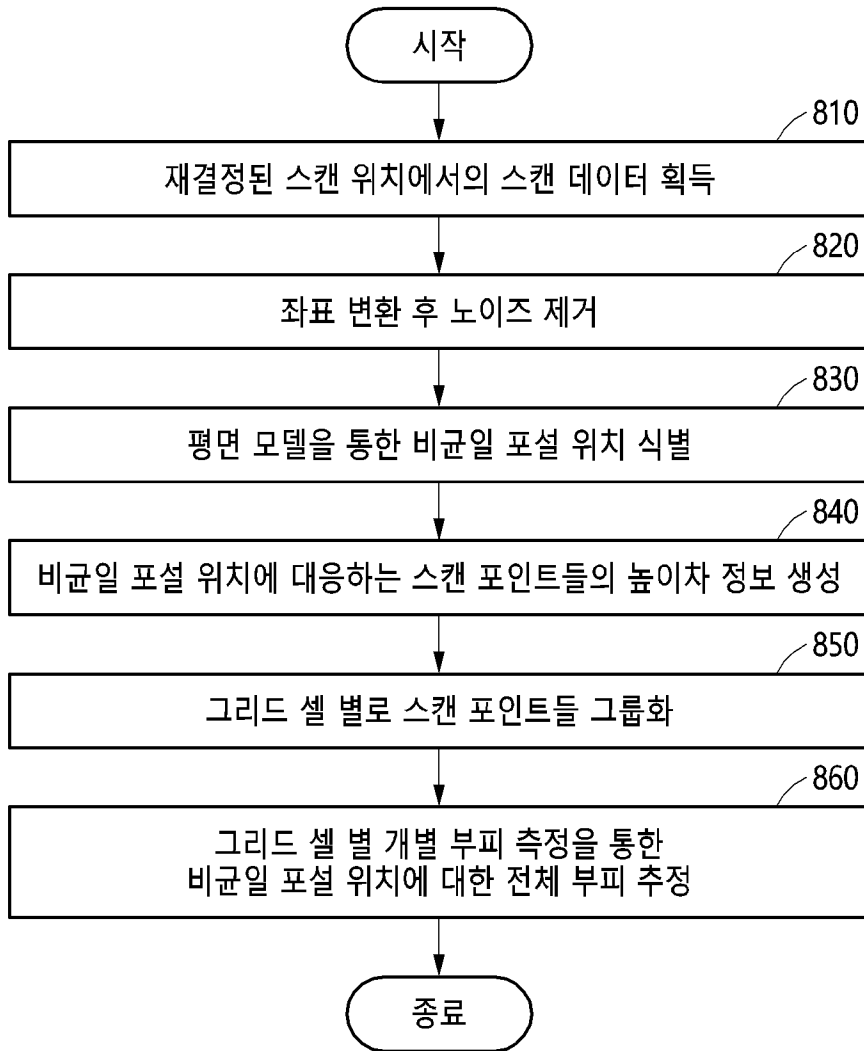
[도6]



[도7]



[도8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2023/010832

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/62(2017.01)i; G06T 7/11(2017.01)i; G06T 7/70(2017.01)i; G06T 3/00(2006.01)i; G06F 18/23(2023.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T 7/62(2017.01); B22F 3/105(2006.01); B22F 3/16(2006.01); G01N 21/88(2006.01); G01N 21/956(2006.01);
G01N 23/20(2006.01); G06K 9/62(2006.01); H04N 5/225(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 카메라(camera), 시야각(Field Of View, FOV), 갠트리(gantry), 스캔(scan), 비균일(nonuniform), 타설(placement), 위치(position), 부피(volume), 머지(merge), 그룹화(grouping)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1480327 B1 (KOREA INSTITUTE OF OCEAN SCIENCE & TECHNOLOGY) 08 January 2015 (2015-01-08) See claim 13.	1-19
A	JP 2018-193586 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 06 December 2018 (2018-12-06) See paragraphs [0026] and [0052]-[0053]; and claim 1.	1-19
A	JP 2001-349849 A (RIGAKU CORP. et al.) 21 December 2001 (2001-12-21) See claims 1-18.	1-19
A	KR 10-2020-0014532 A (VIEWON CO., LTD.) 11 February 2020 (2020-02-11) See claims 1-9.	1-19
A	CN 107992876 A (CUI, Hujin et al.) 04 May 2018 (2018-05-04) See claims 1-2.	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2023

Date of mailing of the international search report

18 October 2023

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2023/010832

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-1480327	B1	08 January 2015	WO	2015-016460	A1	05 February 2015
JP	2018-193586	A	06 December 2018	JP	6939082	B2	22 September 2021
JP	2001-349849	A	21 December 2001	US	2003-0157559	A1	21 August 2003
				WO	01-75426	A1	11 October 2001
KR	10-2020-0014532	A	11 February 2020	CN	112469992	A	09 March 2021
				EP	3832295	A1	09 June 2021
				JP	2021-533344	A	02 December 2021
				KR	10-2292463	B1	23 August 2021
				US	2021-0302324	A1	30 September 2021
				WO	2020-027440	A1	06 February 2020
CN	107992876	A	04 May 2018	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G06T 7/62(2017.01)i; G06T 7/11(2017.01)i; G06T 7/70(2017.01)i; G06T 3/00(2006.01)i; G06F 18/23(2023.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G06T 7/62(2017.01); B22F 3/105(2006.01); B22F 3/16(2006.01); G01N 21/88(2006.01); G01N 21/956(2006.01); G01N 23/20(2006.01); G06K 9/62(2006.01); H04N 5/225(2006.01) 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 카메라(camera), 시야각(Field Of View, FOV), 갠트리(gantry), 스캔(scan), 비균일(nonuniform), 타설(placement), 위치(position), 부피(volume), 머지(merge), 그룹화(grouping)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-1480327 B1 (한국해양과학기술원) 2015.01.08 청구항 13	1-19
A	JP 2018-193586 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 2018.12.06 단락 [0026], [0052]-[0053]; 및 청구항 1	1-19
A	JP 2001-349849 A (RIGAKU CORP. 등) 2001.12.21 청구항 1-18	1-19
A	KR 10-2020-0014532 A (주식회사 뷰온) 2020.02.11 청구항 1-9	1-19
A	CN 107992876 A (CUI HUJIN 등) 2018.05.04 청구항 1-2	1-19
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: “A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2023년10월17일(17.10.2023)		국제조사보고서 발송일 2023년10월18일(18.10.2023)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 변성철 전화번호 +82-42-481-8262

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1480327 B1	2015/01/08	WO 2015-016460 A1	2015/02/05
JP 2018-193586 A	2018/12/06	JP 6939082 B2	2021/09/22
JP 2001-349849 A	2001/12/21	US 2003-0157559 A1	2003/08/21
		WO 01-75426 A1	2001/10/11
KR 10-2020-0014532 A	2020/02/11	CN 112469992 A	2021/03/09
		EP 3832295 A1	2021/06/09
		JP 2021-533344 A	2021/12/02
		KR 10-2292463 B1	2021/08/23
		US 2021-0302324 A1	2021/09/30
		WO 2020-027440 A1	2020/02/06
CN 107992876 A	2018/05/04	없음	