



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년01월06일
(11) 등록번호 10-1693811
(24) 등록일자 2017년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 17/89 (2006.01) F16K 31/44 (2006.01)
F16K 37/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 17/89 (2013.01)
F16K 31/44 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0173800
(22) 출원일자 2015년12월08일
심사청구일자 2015년12월08일
(56) 선행기술조사문헌
JP11339071 A*
JP2003263464 A*
JP2004348575 A*
JP2012013660 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국기술교육대학교 산학협력단
충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)
(72) 발명자
최강선
충청남도 천안시 동남구 용곡2길 43-11, 용곡한라비발디아파트 111동 1001호
오기원
대전광역시 중구 문화로133번길 52-17
(74) 대리인
특허법인주원

전체 청구항 수 : 총 14 항

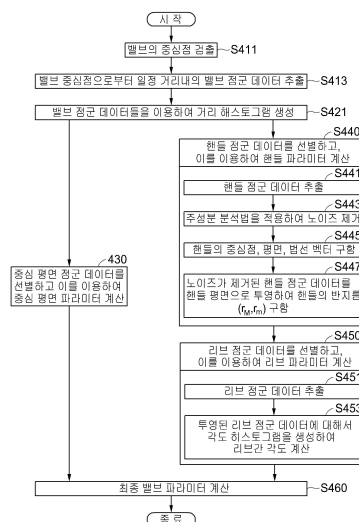
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 밸브 모델링 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 밸브 모델링 방법 및 장치를 공개한다. 본 발명은 LiDAR 센서를 이용하여 획득된 오차가 심한 3차원 점군 데이터에서 밸브의 중심점을 대략적으로 검출하고, 3차원 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 구하였다. 그리고, 거리 히스토그램을 이용하여 밸브의 각 구성요소인 핸들, 리브, 중심 평면의 위치를 추정하고, 각 구성요소에 대응되는 점군 데이터들에 대해서 주성분 분석법을 수행하여, 간단하면서도 정확하게, 밸브의 핸들, 리브 및 중심 평면의 파라미터들을 추출함으로써 밸브를 모델링할 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

F16K 37/0075 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 31Z20130012915

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 BK21플러스사업

연구과제명 특화전문인재양성형 창의융합공학협동과정

기 여 율 1/1

주관기관 한국기술교육대학교 산학협력단

연구기간 2015.03.01 ~ 2016.02.29

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 라이다(LiDAR : light detection and ranging) 점군 데이터로부터 밸브 중심점을 검출하는 단계;
- (b) 상기 밸브 중심점으로부터 사전에 설정된 거리내의 점군 데이터를 밸브 점군 데이터로 추출하는 단계;
- (c) 상기 밸브 점군 데이터들에 대해서 상기 밸브 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 생성하는 단계;
- (d) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들을 선별하고, 상기 중심 평면 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심 평면 파라미터들을 계산하는 단계;
- (e) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들에 대응되는 핸들 점군 데이터들 선별하고, 상기 핸들 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 핸들 파라미터들을 계산하는 단계; 및
- (f) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들과 중심 평면을 연결하는 리브에 대응되는 리브 점군 데이터들을 선별하고, 상기 리브 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 리브 파라미터들을 계산하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (e) 단계는

- (e1) 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들로부터 핸들의 중심점과 핸들의 법선 벡터(핸들 법선 벡터)를 구하는 단계; 및
- (e2) 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터를 2차원 평면으로 투영하여 핸들의 반지름을 구하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 (e1) 단계는

- (e1-1) 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 점군 데이터로 구성되는 핸들 평면을 구하고, 상기 핸들 평면에서 사전에 정의된 거리 이상으로 벗어나는 점군 데이터들을 노이즈로 제거하는 단계; 및
- (e1-2) 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 평면을 구하고, 핸들 평면에 수직한 상기 핸들 법선 벡터를 구하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 (e1-1) 단계는, 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 큰 2개의 eigen value 에 대응되는 eigen vector를 이용하여 상기 핸들 평면을 구하고,

상기 (e1-2) 단계는 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 작은 eigen value 에 대응되는 eigen vector를 핸들 법선 벡터로 결정하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며,

상기 (f) 단계는

(f1) 상기 제 1 피크값과 제 2 피크값 사이에 해당하는 리브 점군 데이터들을 상기 (e1-2) 단계에서 구해진 핸들 평면에 투영하는 단계; 및

(f2) 상기 핸들 평면에 투영된 리브 점군 데이터들에 대해서 각도 히스토그램을 생성하여 각 리브간의 각도를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 (f2) 단계는

상기 각도 히스토그램에 삼각 필터를 적용하여 평활화된 각도 히스토그램을 생성하고, 상기 평활화된 각도 히스토그램을 이용하여 각 리브의 파라미터를 계산하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며,

상기 (d) 단계는, 상기 밸브 중심점으로부터의 거리가 0 부터 상기 제 2 피크값까지에 해당되는 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여, 밸브의 중심 평면의 법선 벡터와 반지름을 구하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 방법.

청구항 8

라이다(LiDAR : light detection and ranging) 점군 데이터로부터 밸브 중심점을 검출하고, 상기 밸브 중심점으로부터 사전에 설정된 거리내의 점군 데이터를 밸브 점군 데이터로 추출하는 밸브 점군 데이터 추출부;

상기 밸브 점군 데이터들에 대해서 상기 밸브 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 생성하는 거리 히스토그램 생성부;

상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들을 선별하고, 상기 중심 평면 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심 평면 파라미터들을 계산하는 중심 평면 추출부;

상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들에 대응되는 핸들 점군 데이터들 선별하고, 상기 핸들 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 핸들 파라미터들을 계산하는 핸들 추출부; 및

상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들과 중심 평면을 연결하는 리브에 대응되는 리브 점군 데이터들을 선별하고, 상기 리브 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 리브 파라미터들을 계산하는 리브 추출부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 핸들 추출부는

상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들로부터 핸들의 중심점과 핸들의 법선 벡터(핸들 법선 벡터)를 구하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터를 2차원 평면으로 투영하여 핸들의 반지름을 구하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 핸들 추출부는

상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 점군 데이터로 구성되는 핸들 평면을 구하고, 상기 핸들 평면에서 사전에 정의된 거리 이상으로 벗어나는 점군 데이터들을 노이즈로 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 평면을 구하고, 핸들 평면에 수직한 상기 핸들 법선 벡터를 구하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 핸들 추출부는

상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 큰 2 개의 eigen value 에 대응되는 eigen vector를 이용하여 상기 핸들 평면을 구하고, 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 작은 eigen value 에 대응되는 eigen vector를 핸들 법선 벡터로 결정하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며,

상기 리브 추출부는

상기 제 1 피크값과 제 2 피크값에 사이에 해당하는 리브 점군 데이터들을 상기 핸들 추출부에서 구해진 핸들 평면에 투영하고, 상기 핸들 평면에 투영된 리브 점군 데이터들에 대해서 각도 히스토그램을 생성하여 각 리브 간의 각도를 계산하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 리브 추출부는

상기 각도 히스토그램에 삼각 필터를 적용하여 평활화된 각도 히스토그램을 생성하고, 상기 평활화된 각도 히스토그램을 이용하여 각 리브의 파라미터를 계산하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며,

상기 중심 평면 추출부는

상기 밸브 중심점으로부터의 거리가 0 부터 상기 제 2 피크값까지에 해당하는 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여, 밸브의 중심 평면의 법선 벡터와 반지름을 구하는 것을 특징으로 하는 밸브 모델링 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 밸브 모델링 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 LiDAR 점군 데이터로부터 밸브를 모델링하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 휴머노이드 로봇은 사람과 같이 두 팔과 두 다리로 자유롭게 움직이며 사람을 대신하여 다양한 작업을 수행하는 로봇으로, 지금까지 휴머노이드 로봇을 위해 인식, 제어에 관련된 다양한 연구들이 진행되어 성능 향상을 이뤄 왔다. 하지만 아직 제한된 상황에서만 정상적인 동작이 가능하며, 복잡하고 다양한 상황에서 안정적으로 동작하기 위해서는 추가적인 성능 향상이 필요하다.

[0003] 휴머노이드 로봇이 동작함에 있어 주변 환경 및 물체의 정확한 인식은 매우 중요한 역할을 하며, 이를 위해 다양한 센서를 이용하여 물체의 위치 및 방향(Pose)을 인식하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 2차원 영상을 이용하는 방식에는 1999년 Lowe에 의해 제안된 Scale Invariant Feature Transform(SIFT)(Lowe, David G, "Object recognition from local scale-invariant features," Proceedings of the International Conference on Computer Vision. pp. 1150-1157, 1999)나, 2008년 Bay에 의해 제안된 Speed Up Robust

Feature(SURF)(H. Bay, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, "Surf : Speeded up robust features," in European Conference on Computer Vision, May 2006.) 등 물체의 특징점을 추출할 수 있는 알고리즘을 활용하여 물체를 인식하는 방식이 개발되었다.

- [0004] 해당 방식에서는 인식하고자 하는 물체에 대한 특징점 정보를 미리 추출하여 저장하고, 이후 입력 영상에 대해 특징점을 추출하고 이를 미리 저장된 특징점 정보와 매칭하여 물체를 인식한다. 매칭의 정확성을 높이기 위해 물체의 모서리를 추출하고, 기울기를 찾는 등의 추가적인 과정을 수행한다.
- [0005] 3차원 영상을 이용한 물체 인식 연구를 하기 위해서는 우선 3차원 영상 확보를 위한 시스템이 필요한데, 사람의 시각 시스템과 같은 형태인 스테레오 카메라를 이용하거나, Kinect와 같은 깊이 카메라, 혹은 레이저 센서가 많이 이용된다.
- [0006] 이 중 레이저 센서는 2D와 3D로 나뉘지며, 2D 레이저 센서는 2차원 평면상의 거리만 얻을 수 있기 때문에 액추에이터를 이용하여 하나의 정보 수집 시스템을 구성한 후 3차원 데이터를 수집한다. 3D 레이저 센서는 내부적으로 액추에이터를 구성하고 있어 바로 3차원 데이터를 수집할 수 있는 장점이 있으나, 높은 가격으로 인해 활용이 제한적인 단점이 있다.
- [0007] 이와 같이 수집된 점군 데이터는 SURF, SIFT 등 특징점 추출 알고리즘을 이용하거나, Random Sample Consensus (RANSAC)를 이용하여 3차원 점군 데이터로부터 물체를 구성하고 있는 기본 도형을 인식하고, 각 도형의 모델 파라미터를 얻는 연구가 수행됐다. 하지만 이와 같은 방식에서는 물체에 대한 모든 방향의 점군 데이터가 있는 것을 가정하기 때문에 부분적으로 얻어진 점군 데이터를 이용할 때에는 부정확한 파라미터가 추출되는 문제가 있다.
- [0008] LIDAR(Light Detection and Ranging) 센서는 레이저 센서 중 하나로, 넓은 범위의 3차원 공간 내 점군 데이터를 수집할 수 있으며, 성능에 따라 비행기 등에 장착하여 지리학, 지질학, 지형학, 삼림학, 지진학 등 공간적으로 매우 넓은 범위를 측정하거나, 자동차, 휴머노이드 로봇 등에 장착되어 도로 또는 주변의 정보를 측정하여 물체 인식, 추적 등에 이용하는 연구가 많이 진행되고 있다.
- [0009] 예를 들면, Niemeyer는 비행기에 LIDAR를 장착하여 도시를 측정해 일정 크기 이상의 건물을 찾고 이를 복원하는 연구를 수행했다(J. Niemeyer, F. Rottensteiner and U. Soergel, "Contextual classification of lidar data and building object detection in urban areas," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 87, pp. 152-165, Jan. 2014.). Tang (J. Tang and A. Zakhor, "3D Object Detection from Roadside Data Using Laser Scanners," in *Proc. of SPIE*, Vol. 7864, California, USA, Jan. 2011.)와 Himmelsbach(H. Himmelsbach, A. Muller, T. Luttl and H. -J. Wunsche, "LIDAR-based 3D Object Perception," *Proc. of 1st international workshop on cognition for technical systems*, Vol. 1, 2008)는 자동차에 LIDAR를 장착하여 주행 중에 마주치는 여러 물체들을 인식하는 연구를 수행했다.
- [0010] 비록 LIDAR는 점군 데이터 획득 시, 수십 mm의 센서 고유의 측정 오차를 지니고 있지만 앞서 설명된 연구와 같이 일반적으로 매우 넓은 공간 내 큰 물체들을 측정하는데 사용되기 때문에 간단한 잡음제거 방식을 사용하여 오차로 인한 잡음을 제거할 수 있다.
- [0011] 하지만, 작고 복잡한 물체를 인식하는데 있어서는 해당 측정 오차가 큰 영향을 미쳐 물체 인식이 쉽지 않은 문제점이 있다. 또한 LIDAR는 레이저를 반사시켜 되돌아오는 정보를 이용하기 때문에 물체의 표면 중 LIDAR를 향해있는 면의 정보만 얻을 수 있어 완전한 물체의 정보를 얻을 수는 없는 문제점이 존재하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 LiDAR 센서를 이용하여 획득된 3차원 점군 데이터를 이용하여, 밸브와 같은 비교적 작은 물체를 정확하게 모델링할 수 있는 모델링 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 방법은, (a) 라이다(LiDAR : light detection and ranging) 점군 데이터로부터 밸브 중심점을 검출하는 단계; (b) 상기 밸브 중심점으로부터 사전에 설정된 거리내의 점군 데이터를 밸브 점군 데이터로 추출하는 단계; (c) 상기 밸브 점군 데이터들에 대

해서 상기 밸브 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 생성하는 단계; (d) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들을 선별하고, 상기 중심 평면 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심 평면 파라미터들을 계산하는 단계; (e) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들에 대응되는 핸들 점군 데이터들을 선별하고, 상기 핸들 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 핸들 파라미터들을 계산하는 단계; 및 (f) 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들과 중심 평면을 연결하는 리브에 대응되는 리브 점군 데이터들을 선별하고, 상기 리브 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 리브 파라미터들을 계산하는 단계;를 포함한다.

[0014] 또한, 상기 (e) 단계는, (e1) 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들로부터 핸들의 중심점과 핸들의 법선 벡터(핸들 법선 벡터)를 구하는 단계; 및 (e2) 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터를 2차원 평면으로 투영하여 핸들의 반지름을 구하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 (e1) 단계는, (e1-1) 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 점군 데이터로 구성되는 핸들 평면을 구하고, 상기 핸들 평면에서 사전에 정의된 거리 이상으로 벗어나는 점군 데이터들을 노이즈로 제거하는 단계; 및 (e1-2) 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 평면을 구하고, 핸들 평면에 수직한 상기 핸들 법선 벡터를 구하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 (e1-1) 단계는, 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 큰 2개의 eigen value에 대응되는 eigen vector를 이용하여 상기 핸들 평면을 구하고, 상기 (e1-2) 단계는 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 작은 eigen value에 대응되는 eigen vector를 핸들 법선 벡터로 결정할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며, 상기 (f) 단계는 (f1) 상기 제 1 피크값과 제 2 피크값 사이에 해당하는 리브 점군 데이터들을 상기 (e1-2) 단계에서 구해진 핸들 평면에 투영하는 단계; 및 (f2) 상기 핸들 평면에 투영된 리브 점군 데이터들에 대해서 각도 히스토그램을 생성하여 각 리브간의 각도를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 (f2) 단계는, 상기 각도 히스토그램에 삼각 필터를 적용하여 평활화된 각도 히스토그램을 생성하고, 상기 평활화된 각도 히스토그램을 이용하여 각 리브의 파라미터를 계산할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며, 상기 (d) 단계는, 상기 밸브 중심점으로부터의 거리가 0 부터 상기 제 2 피크값까지에 해당되는 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여, 밸브의 중심 평면의 법선 벡터와 반지름을 구할 수 있다.

[0020] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 장치는, 라이다(LiDAR : light detection and ranging) 점군 데이터로부터 밸브 중심점을 검출하고, 상기 밸브 중심점으로부터 사전에 설정된 거리내의 점군 데이터를 밸브 점군 데이터로 추출하는 밸브 점군 데이터 추출부; 상기 밸브 점군 데이터들에 대해서 상기 밸브 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 생성하는 거리 히스토그램 생성부; 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들을 선별하고, 상기 중심 평면 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심 평면 파라미터들을 계산하는 중심 평면 추출부; 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들에 대응되는 핸들 점군 데이터들을 선별하고, 상기 핸들 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 핸들 파라미터들을 계산하는 핸들 추출부; 및 상기 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들과 중심 평면을 연결하는 리브에 대응되는 리브 점군 데이터들을 선별하고, 상기 리브 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 리브 파라미터들을 계산하는 리브 추출부;를 포함한다.

[0021] 또한, 상기 핸들 추출부는, 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들로부터 핸들의 중심점과 핸들의 법선 벡터(핸들 법선 벡터)를 구하고, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터를 2차원 평면으로 투영하여 핸들의 반지름을 구할 수 있다.

[0022] 또한, 상기 핸들 추출부는, 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 점군 데이터로 구성되는 핸들 평면을 구하고, 상기 핸들 평면에서 사전에 정의된 거리 이상으로 벗어나는 점군 데이터들을 노이즈로 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 핸들 평

면을 구하고, 핸들 평면에 수직인 상기 핸들 법선 벡터를 구할 수 있다.

[0023] 또한, 상기 핸들 추출부는, 상기 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 큰 2개의 eigen value에 대응되는 eigen vector를 이용하여 상기 핸들 평면을 구하고, 상기 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 출력되는 eigen value들 중 크기가 가장 작은 eigen value에 대응되는 eigen vector를 핸들 법선 벡터로 결정할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며, 상기 리브 추출부는, 상기 제 1 피크값과 제 2 피크값에 사이에 해당하는 리브 점군 데이터들을 상기 핸들 추출부에서 구해진 핸들 평면에 투영하고, 상기 핸들 평면에 투영된 리브 점군 데이터들에 대해서 각도 히스토그램을 생성하여 각 리브간의 각도를 계산할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 리브 추출부는, 상기 각도 히스토그램에 삼각 필터를 적용하여 평활화된 각도 히스토그램을 생성하고, 상기 평활화된 각도 히스토그램을 이용하여 각 리브의 파라미터를 계산할 수 있다.

[0026] 또한, 상기 거리 히스토그램은 제 1 피크값(D1) 및 상기 밸브 중심점으로부터 상기 제 1 피크값보다 더 가까운 제 2 피크값(D2)을 갖으며, 상기 중심 평면 추출부는 상기 밸브 중심점으로부터의 거리가 0 부터 상기 제 2 피크값까지에 해당하는 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여, 밸브의 중심 평면의 법선 벡터와 반지름을 구할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명은 LiDAR 센서를 이용하여 획득된 오차가 심한 3차원 점군 데이터에서 밸브의 중심점을 대략적으로 검출하고, 3차원 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 구하였다. 그리고, 거리 히스토그램을 이용하여 밸브의 각 구성요소인 핸들, 리브, 중심 평면의 위치를 추정하고, 각 구성요소에 대응되는 점군 데이터들에 대해서 주성분 분석법을 수행하여, 간단하면서도 정확하게, 밸브의 핸들, 리브 및 중심 평면의 파라미터들을 구함으로써 밸브를 모델링할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 모델링된 밸브의 구조를 설명하는 도면이다.
- 도 2는 밸브를 구성하는 기본적인 도형과 각 도형에서 추출할 파라미터들을 정의하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 장치의 구성을 도시하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 방법을 설명하는 흐름도이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 점군 데이터를 표시한 도면이다.
- 도 6은 거리 히스토그램을 구성하는 각 점군 데이터들이 포함되는 영역을 도시하는 도면이다.
- 도 7은 거리 히스토그램을 표시하는 도면이다.
- 도 8은 핸들 점군 데이터에서 노이즈를 제거하는 과정을 설명하는 도면이다.
- 도 9는 핸들의 파라미터들을 구하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 10은 각도 히스토그램을 이용하여 리브간의 각도를 계산하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 11은 최종적인 밸브의 법선 벡터를 구하는 방법을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 모델링된 밸브의 구조를 설명하는 도면이고, 도 2는 밸브를 구성하는 기본적인 도형과 각 도형에서 추출할 파라미터들을 정의하는 도면이다.

[0031] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에서 모델링되는 밸브는, 밸브를 돌릴 때 사람이 잡고 힘을 인가하여 밸브를 개폐하는 원환체(Torus)인 핸들부, 밸브의 중심축이 연결된 중심 평면(102), 핸들(101)와 중심 평면(102) 사이에 일정한 각도로 서로 이격되도록 연결되는 복수의 리브들(103)로 구성된다.

- [0032] 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 밸브 모델링 파라미터들을 구하는 방식을 간략하게 먼저 설명하면, 점군 데이터로부터 물체를 인식하기 위해 기본 도형 모델을 사용하는 방식에서는, 해당 점군 데이터로부터 기본 도형의 크기, 방향 등을 알 수 있는 도 2와 같은 파라미터를 계산하여 추출한다.
- [0033] 밸브의 핸들을 나타내는 원환체(Torus)의 파라미터는 원환체의 중심 P_{handle} , 법선 벡터 n_{handle} , 큰 반지름 r_M , 작은 반지름 r_m 이 있다. 원환체를 도 2의 (a)와 같이 측면에서 봤을 때, 수직으로 올라가는 방향이 n_{handle} 이며, P_{handle} 를 지나며 n_{handle} 와 평행인 평면으로 원환체를 잘랐을 때 나타나는 2개의 원 중심의 거리가 $2 \cdot r_M$ 이고 각 원의 반지름이 r_m 이다.
- [0034] 도 2의 (b)와 같이, 밸브의 리브(rib)를 나타내는 원통(Cylinder)의 파라미터는 원통의 밑면의 중심점 P_{rib} , 법선 벡터 n_{rib} , 밑면의 반지름 r_{rib} , 원통의 높이 l_{rib} 가 있다.
- [0035] 중심 평면의 경우 이를 나타낼 수 있는 파라미터는 평면의 법선벡터 n_{plane} 와 평면 위의 한 점 P_{plane} 이다. 본 발명에서는 P_{plane} 가 밸브의 중심으로 기준점이 되며 밸브의 중심축 평면의 중심이기도 하다. n_{plane} 와 P_{plane} 뿐만 아니라 중심축 평면의 반지름 r_{plane} 도 계산할 수 있다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 장치의 구성을 도시하는 도면이고, 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [0037] 도 3 및 도 4를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 방법 및 장치를 설명하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 밸브 모델링 장치는 밸브 점군 데이터 추출부(310), 거리 히스토그램 생성부(320), 핸들 추출부(330), 리브 추출부(340), 중심 평면 추출부(350) 및 최종 파라미터 추출부(360)를 포함하여 구성된다.
- [0038] 먼저, 밸브 점군 데이터 추출부(310)는 라이다(LiDAR : light detection and ranging)센서를 이용하여 획득된 3차원 점군 데이터들을 입력받아 밸브 중심점을 검출하고, 밸브 중심점으로부터 사전에 설정된 거리내의 점군 데이터들을 밸브 점군 데이터로 추출하며, 이후 처리 과정에서는 밸브 점군 데이터 추출부(310)에서 추출된 밸브 점군 데이터들을 이용하여 연산이 수행된다.
- [0039] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 3차원 점군 데이터를 표시한 도면이다.
- [0040] 도 5의 (a)는 라이다 센서를 이용하여 획득된 3차원 점군 데이터들의 전체 모습으로서, 밸브 점군 데이터 추출부(310)는 전체 점군 데이터에서 밸브의 중심점이라고 판단되는 점을 검출한다(S411).
- [0041] 밸브의 중심점을 검출하는 이유는 밸브를 구성하는 점군 데이터들을 대략적으로 선별하고, 밸브에 포함되지 않을 가능성이 높은 점군 데이터들을 배제함으로써 연산량을 감소시키기 위한 것으로서, 밸브의 중심점은 반드시 정확할 필요는 없다. 따라서, 밸브 점군 데이터 추출부(310)는 사전에 정의된 밸브 패턴과 가장 유사한 패턴을 나타내는 점군 데이터들을 검출하고, 그 중심을 밸브 중심점으로 추출할 수 있고, 도 5의 (a)에 도시된 바와 같은 점군 데이터들을 사용자에게 표시하고, 사용자로부터 사용자가 판단한 밸브의 중심점을 입력받아 밸브 중심점을 검출할 수도 있다.
- [0042] 그 후, 밸브 점군 데이터 추출부(310)는 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 밸브 중심점으로부터 일정한 거리에 포함된 점군 데이터, 즉, 반지름이 d_v 인 구의 내부에 포함되는 점군 데이터들을 밸브 점군 데이터로 추출하여 거리 히스토그램 생성부(320)로 출력한다(S413). 밸브 점군 데이터들을 제외한 나머지 점군 데이터들은 노이즈로서 제거되고, 후술하는 처리 과정은 밸브 점군 데이터들에 대해서만 수행된다.
- [0043] 거리 히스토그램 생성부(320)는 밸브 점군 데이터들을 이용하여 밸브 중심점으로부터의 거리 히스토그램을 생성하여 밸브 점군 데이터들과 함께 핸들 추출부(330), 리브 추출부(340), 및 중심 평면 추출부(350)로 각각 출력한다(S421).
- [0044] 도 6은 거리 히스토그램을 구성하는 각 점군 데이터들이 포함되는 영역을 도시하는 도면이고, 도 7은 거리 히스토그램을 표시하는 도면이다.

- [0045] 도 6 및 도 7을 더 참조하면, 밸브를 실제로 구성하는 점군 데이터들을 중앙 평면을 구성하는 구(601) 내부와, 핸들의 내경을 구성하는 구(602)의 경계면과 외경을 구성하는 구(603)의 경계면 사이에 집중적으로 배치됨을 알 수 있다. 또한, 구(601)의 경계면과 구(602)의 경계면 사이의 공간에는 리브를 구성하는 점군 데이터를 제외하면 나머지는 빈 공간으로 구성되므로 밸브를 구성하는 점군 데이터가 많지 않을 것이라는 것을 알 수 있고, 구(603)을 벗어나는 영역은 노이즈에 해당되어 점군 데이터가 많지 않을 것이라는 것을 알 수 있다.
- [0046] 따라서, 밸브 점군 데이터를 이용하여 밸브 중심점으로부터의 거리에 따른 히스토그램을 생성하면 도 7과 같이 제 1 피크값(D1)과 제 2 피크값(D2)이 나타나는 그래프가 생성된다. 도 7에 도시된 거리 히스토그램 그래프에서, 가장 많은 점군 데이터들이 배치되었음을 나타내는 제 1 피크값은 핸들에 대응되는 영역을 나타내고, 그 다음으로 많은 수의 점군 데이터들이 배치되었음을 나타내는 제 2 피크값은 제 1 피크값보다 밸브 중심점에 더 가까운 중심 평면에 대응되는 영역을 나타낸다. 또한, 거리 히스토그램 그래프에서 제 1 피크값과 제 2 피크값 사이의 영역은 밸브의 리브에 속하는 점군 데이터들이 배치된 영역에 해당된다.
- [0047] 한편, 중심 평면 추출부(350)는 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 중심 평면에 대응되는 중심 평면 점군 데이터들을 선별하고, 중심 평면 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 중심 평면 파라미터들을 계산한다(S430).
- [0048] 구체적으로, 중심 평면 추출부(350)는 밸브 중심점으로부터의 거리가 0 부터 상기 제 2 피크값(D2)까지에 해당하는 점군 데이터들을 중심 평면 점군 데이터로 추출하고, 중심 평면 점군 데이터들에 대해서 PCA(Principal Component Analysis) 주성분 분석법을 수행하여, 밸브의 중심 평면의 법선 벡터(n_{plane})와 반지름(r_{plane})을 구한다. 주성분 분석법을 수행하면, 주성분 분석의 대상이 되는 점군 데이터들의 중심점과 3개의 eigen vector와 이들에 각각 대응되는 3개의 eigen value가 출력됨은 익히 알려진 사실이다. 따라서, 3개의 eigen value 중 그 값이 가장 작은 eigen value에 대응되는 eigen vector가 나머지 2개의 eigen vector로 구현되는 중심 평면에 수직인 법선 벡터(n_{plane})임을 알 수 있다. 또한, 중심 평면 점군 데이터들 중 PCA 주성분 분석법에 의해서 구해진 중심점으로부터 가장 멀리 위치한 점군 데이터까지의 거리가 반지름(r_{plane})으로 구해진다.
- [0049] 한편, 핸들 추출부(330)는 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들에 대응되는 핸들 점군 데이터들을 선별하고, 상기 핸들 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 핸들 파라미터들을 계산한다(S440).
- [0050] 보다 구체적으로, 핸들 추출부(330)는 거리 히스토그램의 제 1 피크값(D1)에 해당하는 점군 데이터들을 핸들 점군 데이터들로서 추출하고, 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하여 노이즈를 제거한다(S441).
- [0051] 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 수행하면, 핸들 점군 데이터들의 중심점과 3개의 eigen vector와 이들에 각각 대응되는 3개의 eigen value가 출력되는데, 핸들 추출부(330)는 eigen value들 중 크기가 가장 큰 2개의 eigen value에 대응되는 eigen vector를 이용하여 핸들 평면을 구하고, 핸들 평면에서 사전에 정의된 거리 이상으로 벗어나는 점군 데이터들을 노이즈로 제거한다(도 8의 (a) 참조)(S443).
- [0052] 그 후, 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 상기 S443 단계를 사전에 정의된 횟수만큼 반복수행하여 노이즈 점군 데이터들을 점진적으로 제거한다(도 8의 (b) 및 (c) 참조).
- [0053] 핸들 추출부(330)는 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들에 대해서 PCA 주성분 분석법을 다시 수행하여 핸들의 중심점(p_{handle})을 구하고, 3개의 eigen value들 중 크기가 큰 2개의 eigen value에 대응되는 eigen vector들을 이용하여 핸들 평면을 구하며, 3개의 eigen value들 중 크기가 가장 작은 eigen value에 대응되는 eigen vector를 핸들 법선 벡터(n_{handle})로 결정한다(S445).
- [0054] 그 후, 도 9에 도시된 바와 같이, 핸들 추출부(330)는 상기 S443 단계에서 노이즈가 제거된 핸들 점군 데이터들을, 제 S445 단계에서 구해진 2차원 핸들 평면으로 투영하여 핸들의 반지름(r_H 및 r_m)을 구한다(S447).
- [0055] 한편, 리브 추출부(340)는 거리 히스토그램을 이용하여, 밸브의 핸들과 중심 평면을 연결하는 리브에 대응되는 리브 점군 데이터들을 선별하고, 상기 리브 점군 데이터들을 이용하여 밸브의 리브 파라미터들을 계산한다(S450).
- [0056] 구체적으로, 리브 추출부(340)는 거리 히스토그램의 제 1 피크값(D1)과 제 2 피크값(D2) 사이에 해당하는 점군 데이터들을 리브 점군 데이터로 추출한다(S451). 이 때, 리브 추출부(340)는, 도 7의 거리 히스토그램에서 $D_2 + \beta \leq D_{rib} \leq D_1 - \beta$ 에 해당하는 점군 데이터들을 리브 점군 데이터들(D_{rib})로 추출할 수 있다. 이 때, β 는

리브 점군 데이터들(D_{rib})이 제 1 피크값($D1$)과 제 2 피크값($D2$) 사이에 해당하는 점군 데이터들로 추출되도록 하는 0 이상의 값이다.

[0057] 그 후, 리브 추출부(340)는 리브 점군 데이터들을, 핸들 추출부(330)가 상기 S445 단계에서 구한 핸들 평면에 투영하고, 상기 핸들 평면에 투영된 리브 점군 데이터들에 대해서, 도 10의 (a)에 도시된 바와 같은 각도 히스토그램을 생성하여 각 리브간의 각도를 계산한다(S453).

[0058] 이 때, 리브 추출부(340)는 각도 히스토그램에 삼각 필터를 적용하여 도 10의 (b)에 도시된 바와 같은, 평활화된 각도 히스토그램을 생성하고, 평활화된 각도 히스토그램을 이용하여 각 리브간의 각도와 각 리브가 기준점으로부터의 배치된 각도를 계산할 수 있다.

[0059] 참고로, 도 10에 도시된 바와 같이, 각도 히스토그램을 생성하면, 대략적인 리브의 개수를 알 수 있고, 일반적으로 리브간의 간격은 일정하므로, 이러한 사실을 추가적으로 적용하면 리브간의 각도를 더욱 정확하게 계산할 수 있다.

[0060] 핸들, 중심 평면, 및 리브를 모델링하기 위한 파라미터들은 최종 파라미터 계산부(360)로 출력되고, 최종 파라미터 계산부(360)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 중심 평면에서 구해진 법선 벡터(n_{plane})와 핸들에서 구해진 법선 벡터(n_{handle})를 평균을 취하여 밸브의 최종 법선 벡터를 구하고, 밸브의 최종 법선 벡터를 다른 파라미터들과 함께 출력한다(S460).

[0061] 본 발명의 밸브 모델링 장치가 상기한 과정을 통해서 구해진 밸브의 파라미터들을 이용하여 밸브를 모델링하는 과정은 당업자라면 충분히 알 수 있을 것이므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0062] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플라피디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0063] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0064] 310 : 밸브 점군 데이터 추출부

320 : 거리 히스토그램 생성부

330 : 핸들 추출부

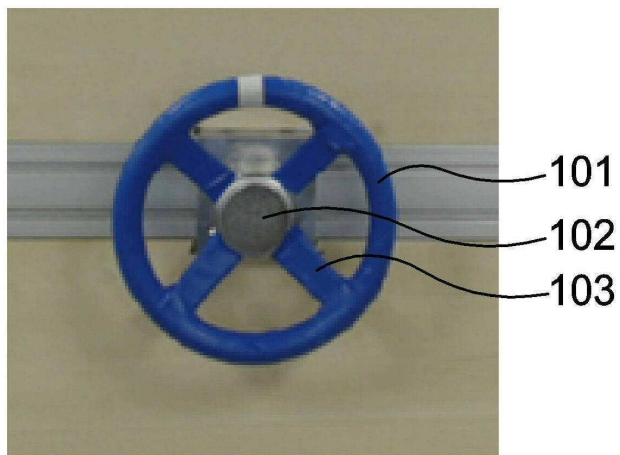
340 : 리브 추출부

350 : 중심 평면 추출부

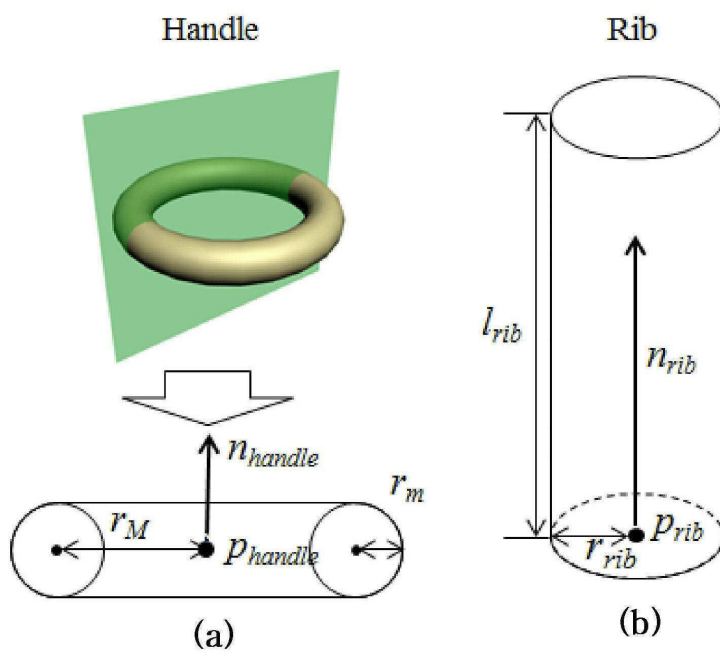
360 : 최종 파라미터 계산부

도면

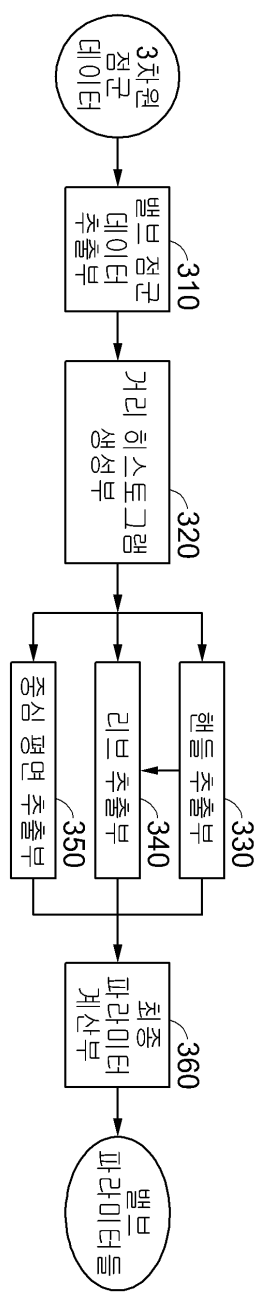
도면1



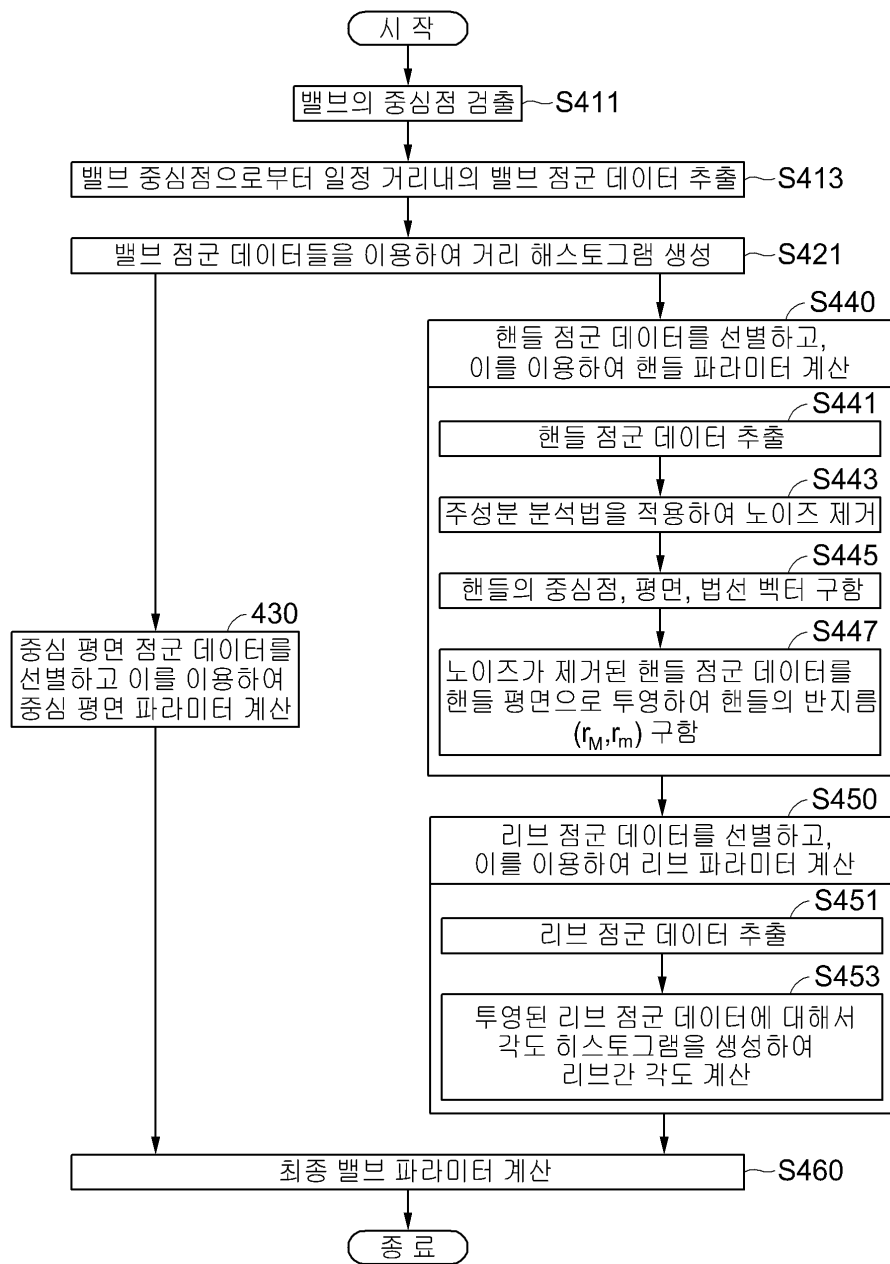
도면2



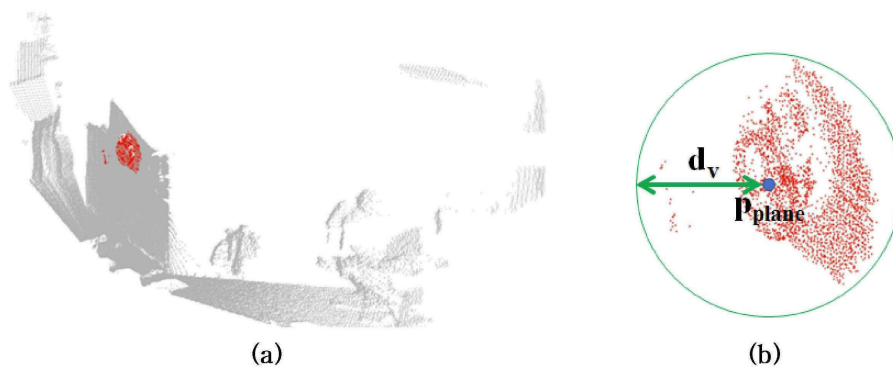
도면3



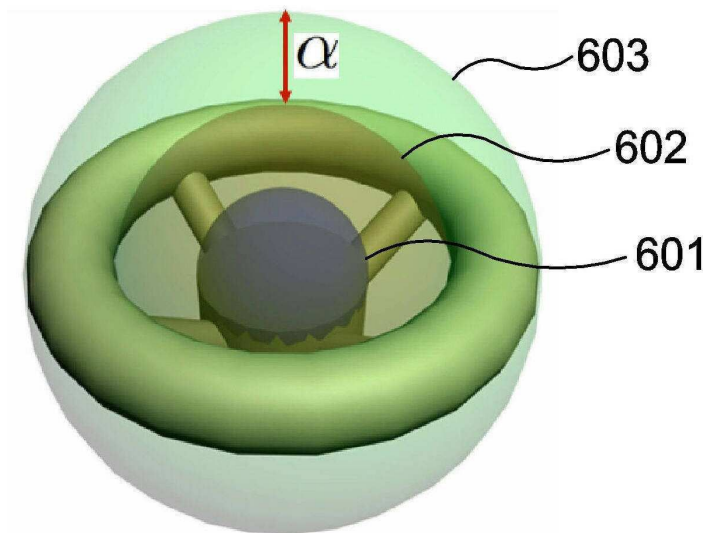
도면4



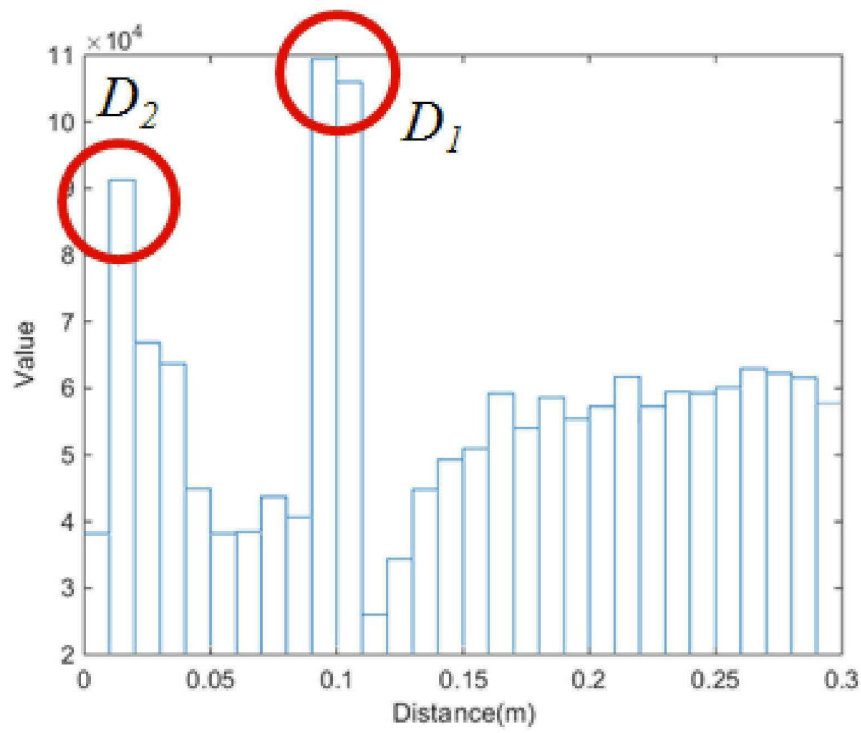
도면5



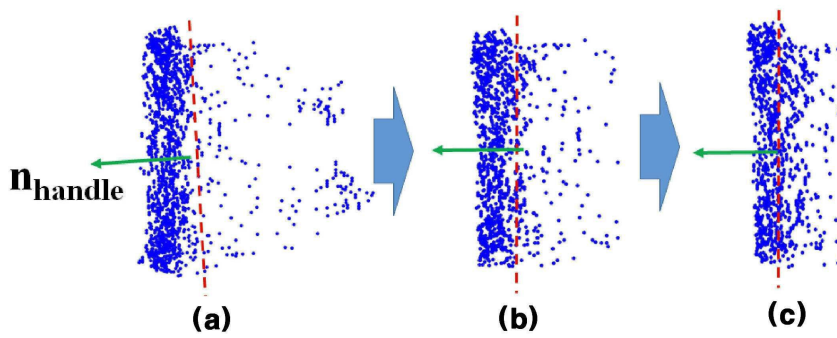
도면6



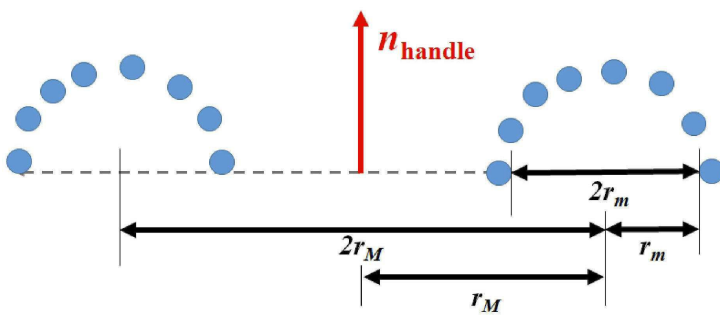
도면7



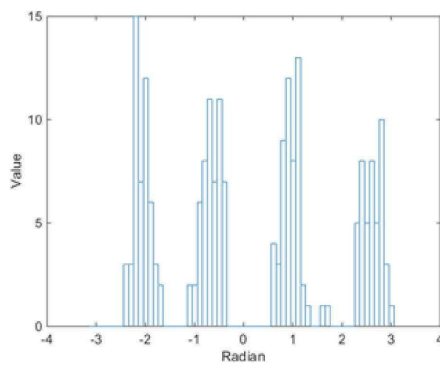
도면8



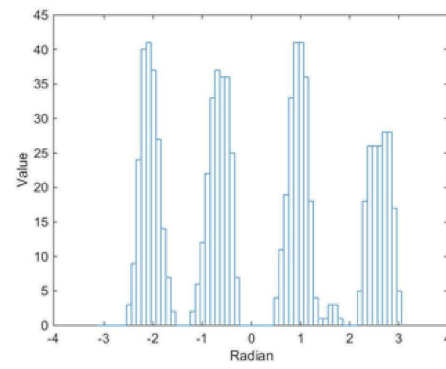
도면9



도면10



(a)



(b)

도면11

