(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0143044
(43) 공개일자 2020년12월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) *B25J 13/08* (2006.01)
B25J 19/02 (2006.01) *G06N 3/08* (2006.01)
G06T 7/11 (2017.01) *G06T 7/13* (2017.01)
G06T 7/70 (2017.01)
(52) CPC특허분류
B25J 9/1602 (2013.01)
B25J 13/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0070843
(22) 출원일자 2019년06월14일
심사청구일자 2019년06월14일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
송재복
서울특별시 강남구 언주로30길 56, E동2907호(도곡동, 타워팰리스)
조현준
서울특별시 성북구 인촌로26길 34 (안암동5가) 2층 7호
장민경
서울특별시 노원구 마들로 59, 14동1404호(월계동, 월계미성아파트)
(74) 대리인
특허법인남촌

전체 청구항 수 : 총 20 항

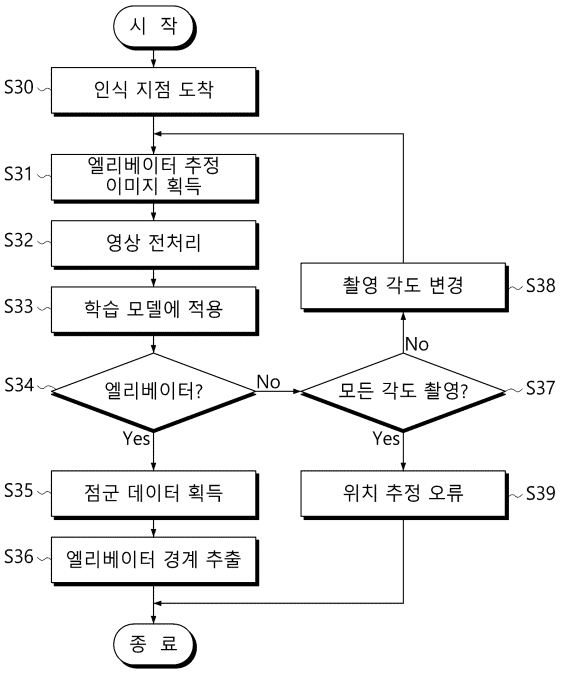
(54) 발명의 명칭 **이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법**

(57) 요 약

본 발명은 이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 엘리베이터 인식 방법은 상기 이동 로봇이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하는 이동 단계와; 상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정된 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 추정 이미지 획득 단계와; 복수의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델이 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하는 엘리베이터 인식 단계와; 상기 엘리베이터 인식 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 상기 추정 위치에 대한 RGB-D 센서의 점군 데이터가 획득되는 점군 데이터 획득 단계와; 상기 점군 데이터에 기초하여, 상기 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하는 엘리베이터 위치 추정 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 딥러닝(Deep learning) 기반의 학습 모델을 이용한 영상 인식 기술을 이용하여 엘리베이터의 존재를 인식하고, RGB-D 센서로부터의 점군 데이터를 이용하여 엘리베이터의 위치, 즉 엘리베이터의 양측 경계와 이를 통한 엘리베이터의 중심을 추정하여 보다 안정적인 엘리베이터의 승하차를 보장할 수 있다.

(52) CPC특허분류
B25J 19/02 (2013.01)
B25J 9/1664 (2013.01)
G06N 3/08 (2013.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06T 7/13 (2017.01)
G06T 7/70 (2017.01)
H04N 9/045 (2018.08)
G06T 2207/20081 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2018-0-00622
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기술진흥센터
연구사업명 정보통신방송연구개발사업
연구과제명 촉각이 가능한 로봇 손으로 다양한 물체를 다루는 방법과 절차를 학습하는 로봇 손 조작 지능 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 고려대학교 산학협력단
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 있어서,

상기 이동 로봇이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하는 이동 단계와;

상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정된 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 추정 이미지 획득 단계와;

복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델이 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하는 엘리베이터 인식 단계와;

상기 엘리베이터 인식 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 상기 추정 위치에 대한 RGB-D 센서의 점군 데이터가 획득되는 점군 데이터 획득 단계와;

상기 점군 데이터에 기초하여, 상기 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하는 엘리베이터 위치 추정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리 단계를 더 포함하고;

상기 엘리베이터 인식 단계에서는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터의 존재 여부가 판단되며;

상기 전처리 단계에서는 수학식

$$f_l(w_e)=a_l w_e+b_l \quad where \begin{cases} a_l=\dfrac{-5w}{24(w_{\max}-w_{\min})} \\ b_l=\dfrac{8w_{\max}-3w_{\min}}{24(w_{\max}-w_{\min})}w \end{cases}$$

$$f_r(w_e)=a_r w_e+b_r \quad where \begin{cases} a_r=\dfrac{5w}{24(w_{\max}-w_{\min})} \\ b_r=\dfrac{16w_{\max}-21w_{\min}}{24(w_{\max}-w_{\min})}w \end{cases}$$

$$h_t=(1-\theta/30)h \quad where \ 0\le\theta\le 15$$

($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역이 추출되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 추정 이미지 획득 단계에서는 상기 RGB-D 센서에 의해 센싱된 센싱 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지가 획득되며;

상기 추정 이미지 획득 단계에서 센싱된 상기 센싱 데이터가 상기 점군 데이터 획득 단계에서 상기 점군 데이터로 적용되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 이동 로봇을 기준으로 상기 이동 로봇의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 이동 로봇의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함하며;

상기 엘리베이터 위치 추정 단계는

상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와,

상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와,

상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와,

상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와,

상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와,

상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제1 경계 추출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 검출된 직선까지의 거리를 기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와;

상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분

류하는 직선 분류 단계와;

상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 8

이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 있어서,

상기 이동 로봇이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하는 이동 단계와;

상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정되는 추정 위치를 RGB-D 센서로 센싱하여 점군 데이터를 획득하는 점군 데이터 획득 단계와 - 상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 이동 로봇을 기준으로 상기 이동 로봇의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 이동 로봇의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함함;

상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와;

상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와;

상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와;

상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 추정 이미지 획득 단계와;

복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델이 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하는 엘리베이터 인식 단계와;

상기 엘리베이터 인식 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 상기 직선 추출 단계에서 추출된 직선까지의 거리를 기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와;

상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분류하는 직선 분류 단계와;

상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제1 경계 추출 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리 단계를 더 포함하고;

상기 엘리베이터 인식 단계에서는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터의 존재 여부가 판단되며;

상기 전처리 단계에서는 수학식

$$f_l(w_e)=a_l w_e+b_l \quad where \begin{cases} a_l=\dfrac{-5w}{24(w_{\max}-w_{\min})} \\ b_l=\dfrac{8w_{\max}-3w_{\min}}{24(w_{\max}-w_{\min})}w \end{cases}$$

$$f_r(w_e)=a_r w_e+b_r \quad where \begin{cases} a_r=\dfrac{5w}{24(w_{\max}-w_{\min})} \\ b_r=\dfrac{16w_{\max}-21w_{\min}}{24(w_{\max}-w_{\min})}w \end{cases}$$

$$h_t=(1-\theta/30)h \quad where \ 0\le\theta\le 15$$

($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역이 추출되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 추정 이미지 획득 단계에서는 상기 점군 데이터 획득 단계에서 획득된 상기 점군 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와,

상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와,

상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로

인식된 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법.

청구항 14

주행을 수행하는 로봇 구동부와,

RGB-D 센서와,

복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델을 갖는 엘리베이터 인식부와,

엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 엘리베이터 위치 추정부와,

상기 RGB-D 센서의 센싱 경과에 기초하여 상기 엘리베이터 위치 추정부가 엘리베이터의 양측 경계를 추출하도록 제어하는 로봇 제어부를 포함하며;

상기 로봇 제어부는

엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하도록 상기 로봇 구동부를 제어하고, 상기 학습 모델이 상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정되는 추정 위치에 대해 획득된 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하도록 상기 엘리베이터 인식부를 제어하고, 상기 엘리베이터 인식부에 의해 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단된 경우 상기 엘리베이터 위치 추정부가 상기 추정 위치에 대한 RGB-D 센서의 점군 데이터에 기초하여 상기 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 엘리베이터 인식부는 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리부를 더 포함하고;

상기 엘리베이터 인식부는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터 존재 여부를 판단하도록 제어하며;

상기 전처리부는 수학식

$$f_l(w_e) = a_l w_e + b_l \quad where \begin{cases} a_l = \dfrac{-5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_l = \dfrac{8w_{\max} - 3w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

$$f_r(w_e) = a_r w_e + b_r \quad where \begin{cases} a_r = \dfrac{5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_r = \dfrac{16w_{\max} - 21w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

$$h_t = (1 - \theta/30)h \quad where \ 0 \le \theta \le 15$$

($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획

득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 엘리베이터 인식부는 상기 RGB-D 센서에 의해 센싱된 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지를 획득하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 RGB-D 센서를 기준으로 상기 RGB-D 센서의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 RGB-D 센서의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함하며;

상기 엘리베이터 위치 추정부는

상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와,

상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와,

상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와,

상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와,

상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와,

상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제1 경계 추출 단계를 수행하여, 엘리베이터의 위치를 추정하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 엘리베이터 위치 추정부는

상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 엘리베이터 위치 추정부는

상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 엘리베이터 위치 추정부는

상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 검출된 직선까지의 거리를

기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와;

상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분류하는 직선 분류 단계와;

상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 수행하여 엘리베이터의 위치를 추정하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 이동 로봇이 엘리베이터를 인식하고 엘리베이터의 위치를 추정하여 엘리베이터에 승차 및 하차할 수 있어 층간 주행이 가능한 이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재, 이동 로봇의 효율성 향상을 위하 작업 공간을 한 층에서 다층으로 확장하는 연구가 활발히 수행되고 있으며, 일 예로 등록특허 제10-1523268호에 개시된 '층간 이동을 위한 모바일 로봇 제어 방법 및 이를 위한 모바일 로봇 시스템'에서는 각 층에 설치된 인간-로봇 인터페이스 장치와 로봇 간의 무선 통신을 통해 층간 주행을 구현하고 있다.

[0003] 근래에, 이동 로봇의 층간 주행을 위해 엘리베이터를 인식하는 방법에 대한 연구도 활발하게 수행되고 있다. 기존의 엘리베이터 인식 방법들은 카메라나 레이저 거리 센서를 이용하여 엘리베이터 자체를 인식하거나, 인공표식을 이용하여 엘리베이터를 인식하였다. 하지만, 엘리베이터의 표면은 대개 반사체인 금속으로 이루어져 있어서 레이저 거리 센서나 카메라를 이용하는 방법으로는 엘리베이터의 정확한 위치를 인식하기 어렵다. 또한, 상대적으로 거리 측정이 정확한 엘리베이터 주변의 벽면이라도, 엘리베이터 양쪽 벽면에 거울과 같은 반사체를 두게 되면, 레이저 거리 센서를 이용한 엘리베이터 인식은 그 정확성을 담보하기 어려우며, 엘리베이터의 정확한 위치를 추정하지 못해, 엘리베이터 자체를 인식하지 못하거나, 인식하더라도 승차시 주변 벽에 부딪히는 상황이 종종 발생한다.

[0004] 인공표식을 이용하여 엘리베이터를 인식하는 경우에는 엘리베이터의 정확한 위치는 알 수 있지만, 주행 환경에 인공표식을 설치해야 하는 단점이 있다. 또한, 주행 기술은 아직 오차가 많이 존재하므로, 사용자가 지정한 위치에 이동 로봇이 정확히 도착하였는지를 알 수 없으며, 이로 인해 엘리베이터의 위치를 발견하지 못하는 경우도 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 딥러닝(Deep learning) 기반의 학습 모델을 이용한 영상 인식 기술을 이용하여 엘리베이터의 존재를 인식하고, RGB-D 센서로부터의 점군 데이터를 이용하여 엘리베이터의 위치, 즉 엘리베이터의 양측 경계와 이를 통한 엘리베이터의 중심을 추정하여 보다 안정적인 엘리베이터의 승하차를 보장할 수 있는 이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적은 본 발명에 따라, 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 있어서, 상기 이동 로봇이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하는 이동 단계와; 상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정된 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 추정 이미지 획득 단계와; 복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델이 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하는 엘리베이터 인식 단계와; 상기 엘리베이터 인식 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것

으로 판단되는 경우, 상기 추정 위치에 대한 RGB-D 센서의 점군 데이터가 획득되는 점군 데이터 획득 단계와; 상기 점군 데이터에 기초하여, 상기 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하는 엘리베이터 위치 추정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 의해서 달성된다.

[0007] 여기서, 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리 단계를 더 포함하고; 상기 엘리베이터 인식 단계에서는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터의 존재 여부가 판단되며; 상기 전처리 단계에서는 수학식

[0008] $$f_l(w_e) = a_l w_e + b_l \quad where \begin{cases} a_l = \dfrac{-5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_l = \dfrac{8w_{\max} - 3w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0009] $$f_r(w_e) = a_r w_e + b_r \quad where \begin{cases} a_r = \dfrac{5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_r = \dfrac{16w_{\max} - 21w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0010] $$h_t = (1 - \theta/30)h \quad where \ 0 \le \theta \le 15$$

[0011] ($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역이 추출될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 추정 이미지 획득 단계에서는 상기 RGB-D 센서에 의해 센싱된 센싱 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지가 획득되며; 상기 추정 이미지 획득 단계에서 센싱된 상기 센싱 데이터가 상기 점군 데이터 획득 단계에서 상기 점군 데이터로 적용될 수 있다.

[0013] 그리고, 상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 이동 로봇을 기준으로 상기 이동 로봇의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 이동 로봇의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함하며; 상기 엘리베이터 위치 추정 단계는 상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와, 상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와, 상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와, 상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와, 상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와, 상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제1 경계 추출 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0015] 그리고, 상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 검출된 직선까지의

거리를 기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와; 상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분류하는 직선 분류 단계와; 상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 포함할 수 있다.

[0017] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에 있어서, 상기 이동 로봇이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하는 이동 단계와; 상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정되는 추정 위치를 RGB-D 센서로 센싱하여 점군 데이터를 획득하는 점군 데이터 획득 단계와 - 상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 이동 로봇을 기준으로 상기 이동 로봇의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 이동 로봇의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함함; 상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와; 상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와; 상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와; 상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지가 획득되는 추정 이미지 획득 단계와; 복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델이 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하는 엘리베이터 인식 단계와; 상기 엘리베이터 인식 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 상기 직선 추출 단계에서 추출된 직선까지의 거리를 기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와; 상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분류하는 직선 분류 단계와; 상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제1 경계 추출 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 그리고, 상기 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리 단계를 더 포함하고; 상기 엘리베이터 인식 단계에서는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터의 존재 여부가 판단되며; 상기 전처리 단계에서는 수학식

[0019] $$f_l(w_e) = a_l w_e + b_l \quad where \begin{cases} a_l = \dfrac{-5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_l = \dfrac{8w_{\max} - 3w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0020] $$f_r(w_e) = a_r w_e + b_r \quad where \begin{cases} a_r = \dfrac{5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_r = \dfrac{16w_{\max} - 21w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0021] $$h_t = (1 - \theta/30)h \quad where \ 0 \le \theta \le 15$$

[0022] ($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획

득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역이 추출될 수 있다.

[0023] 그리고, 상기 추정 이미지 획득 단계에서는 상기 점군 데이터 획득 단계에서 획득된 상기 점군 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지가 획득될 수 있다.

[0024] 그리고, 상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와, 상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와, 상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 포함할 수 잇다.

[0025] 그리고, 상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0026] 그리고, 상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0027] 한편, 상기 목적은 본 발명의 또 다른 실시 형태에 따라, 주행을 수행하는 로봇 구동부와, RGB-D 센서와, 복수의 엘리베이터 이미지와 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝 기반으로 학습한 학습 모델을 갖는 엘리베이터 인식부와, 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 엘리베이터 위치 추정부와, 상기 RGB-D 센서의 센싱 경과에 기초하여 상기 엘리베이터 위치 추정부가 엘리베이터의 양측 경계를 추출하도록 제어하는 로봇 제어부를 포함하며; 상기 로봇 제어부는 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하도록 상기 로봇 구동부를 제어하고, 상기 학습 모델이 상기 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정되는 추정 위치에 대해 획득된 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하도록 상기 엘리베이터 인식부를 제어하고, 상기 엘리베이터 인식부에 의해 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단된 경우 상기 엘리베이터 위치 추정부가 상기 추정 위치에 대한 RGB-D 센서의 점군 데이터에 기초하여 상기 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇에 의해서도 달성된다.

[0028] 여기서, 상기 엘리베이터 인식부는 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 전처리부를 더 포함하고; 상기 엘리베이터 인식부는 상기 엘리베이터 추정 영역이 상기 학습 모델에 적용되어 엘리베이터 존재 여부를 판단하도록 제어하며; 상기 전처리부는 수학식

$$f_l(w_e) = a_l w_e + b_l \quad where \begin{cases} a_l = \dfrac{-5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_l = \dfrac{8w_{\max} - 3w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0029]

$$f_r(w_e) = a_r w_e + b_r \quad where \begin{cases} a_r = \dfrac{5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_r = \dfrac{16w_{\max} - 21w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0030]

$$h_t = (1 - \theta/30)h \quad where \ 0 \le \theta \le 15$$

[0031]

[0032] ($f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는 각각 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 상기 엘리베이터 추정 이미지에서 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위하 잘려나갈 세로 좌표이고, h는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도이다)를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 영역을 추출할 수 있다.

[0033] 또한, 상기 엘리베이터 인식부는 상기 RGB-D 센서에 의해 센싱된 데이터를 이용하여 상기 엘리베이터 추정 이미지를 획득할 수 있다.

[0034] 그리고, 상기 점군 데이터를 구성하는 각각의 점은 상기 RGB-D 센서를 기준으로 상기 RGB-D 센서의 주시 방향인 x축 좌표값과, 상기 RGB-D 센서의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함하며; 상기 엘리베이터 위치 추정부는 상기 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 제거하는 노이즈 영역 제거 단계와, 상기 노이즈 영역 제거 단계에서 남은 점에 대해, z축 방향으로 동일한 열의 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 2차원 점군 데이터를 생성하는 2차원 점군 생성 단계와, 상기 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 상기 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출하는 직선 추출 단계와, 상기 직선 추출 단계에서 2개의 직선이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇과 두 개가 직선까지의 거리에 기초하여, 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별하는 직선 판별 단계와, 상기 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 상기 벽면 직선 및 상기 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점이 벽면인지 엘리베이터인지 검출하는 벽면 검출 단계와, 상기 벽면 판별 단계의 판별 결과에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는 제1 경계 추출 단계를 수행하여, 엘리베이터의 위치를 추정할 수 있다.

[0035] 그리고, 상기 엘리베이터 위치 추정부는 상기 벽면 판별 단계에서 2개의 벽면과 2개의 벽면 사이의 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0036] 그리고, 상기 엘리베이터 위치 추정부는 상기 벽면 판별 단계에서 하나의 벽면과 엘리베이터가 검출되는 경우, 상기 제1 경계 추출 단계에서는 벽면으로 인식된 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과, 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출할 수 있다.

[0037] 그리고, 상기 엘리베이터 위치 추정부는 상기 직선 추출 단계에서 하나의 직선 만이 추출되는 경우, 상기 이동 로봇으로부터 검출된 직선까지의 거리를 기준으로 먼 곳에 위치한 점들의 개수와 가까운 곳에 위치한 점들의 개수를 검출하는 점 개수 검출 단계와; 상기 점 개수 검출 단계에서 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 직선을 엘리베이터 직선으로 분류하는 직선 분류 단계와; 상기 직선 분류 단계에서 벽면 직선으로 분류되는 경우 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리가 기 설정된 거리 이상인 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하고, 엘리베이터 직선으로 분류되는 경우 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하는 제2 경계 추출 단계를 더 수행하여 엘리베이터의 위치를 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0038] 상기와 같은 구성에 따라 본 발명에 따르면, 딥러닝(Deep learning) 기반의 학습 모델을 이용한 영상 인식 기술을 이용하여 엘리베이터의 존재를 인식하고, RGB-D 센서로부터의 점군 데이터를 이용하여 엘리베이터의 위치, 즉 엘리베이터의 양측 경계와 이를 통한 엘리베이터의 중심을 추정하여 보다 안정적인 엘리베이터의 승하차를 보장할 수 있는 이동 로봇과 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1은 본 발명에 따른 이동 로봇이 엘리베이터의 전방에 위치한 상태의 예를 나타낸 도면이고,

도 2는 본 발명에 따른 이동 로봇의 구성의 예를 나타낸 도면이고,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법을 설명하기 위한 도면이고,

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법에서 전처리 과정을 설명하기 위한 도면이고,

도 5 내지 10은 도 3의 엘리베이터 경계 추출 과정의 구체적인 예를 설명하기 위한 도면이고,

도 11 및 도 12는 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 이동 로봇의 엘리베이터 인식 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.

[0041] 본 발명에 따른 이동 로봇(110)은 층간 주행을 위해 엘리베이터를 인식하고 엘리베이터의 위치, 예컨대, 엘리베이터의 양측 경계나 중심을 추정하여 엘리베이터에 승차한다. 도 1은 본 발명에 따른 이동 로봇(110)이 엘리베이터의 전방에 위치한 상태의 예를 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명에 따른 이동 로봇(110)의 구성의 예를 나타낸 도면이다.

[0042] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 이동 로봇(110)은 로봇 구동부(160), RGB-D 센서(130), 엘리베이터 인식부(110), 엘리베이터 위치 추정부(120) 및 로봇 제어부(140)를 포함한다. 또한, 이동 로봇(110)은 맵 저장부(150)를 포함할 수 있다.

[0043] 로봇 구동부(160)는 로봇 제어부(140)의 제어에 따라 이동 로봇(110)을 이동시킨다. 본 발명에서는 이동 로봇(110)의 2휠 이동 로봇(110) 형태로 마련되는 것을 예로 하나, 이에 국한되지 않으며, 4휠 구동 방식이나 무한궤도 구동 방식 등의 형태로 마련될 수 있다.

[0044] 여기서, 로봇 제어부(140)는 맵 저장부(150)에 저장된 주행 환경 지도를 기반으로, 각종 센서로부터의 정보에 따라 현 위치를 추정하여 로봇 구동부(160)를 제어함으로써, 주행 환경 내에서 기 설정된 임무를 수행하기 위해 주행한다.

[0045] RGB-D 센서(130)는 영상 정보와 3차원의 거리 정보를 제공하는 센서로 3차원 거리 정보는 관측하는 대상의 형상을 3차원 점군(Point cloud)으로 표현하고, 모든 점의 3차원 좌표를 저장한다. 본 발명에서는 RGB-D 센서(130)로부터의 3차원 거리 정보를 점군 데이터로 정의하여 설명하며, 점군 데이털르 구성하는 각각의 점은 RGB-D 센서(130), 즉 이동 로봇(110)을 기준으로 RGB-D 센서(130)의 주시 방향인 x축 좌표값과, RGB-D 센서(130)의 높이 방향인 z축 좌표값과, 가로 방향인 y축 좌표값을 포함하는 것으로 정의하여 설명한다.

[0046] 엘리베이터 인식부(110)는, 도 2에 도시된 바와 같이, 학습 모델(112)과 전처리부(111)를 포함할 수 있다. 학습 모델(112)은 복수의 엘리베이터 이미지와, 복수의 비 엘리베이터 이미지를 딥러닝(Deep learning) 기반으로 학습하여, 새로이 입력되는 영상 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단한다. 여기서, 전처리부(111)는 입력되는 이미지, 즉, 후술할 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하여 학습 모델(112)에 전달하는데 이에 대한 상세한 설명은 후술한다.

[0047] 엘리베이터 위치 추정부(120)는 RGB-D 센서(130)로부터 점군 데이터를 이용하여 엘리베이터의 양측 경계를 추출하여 엘리베이터의 위치를 추정한다.

[0048] 로봇 제어부(140)는 이동 로봇(110)이 엘리베이터에 승차 가능하게 엘리베이터를 인식하고, 엘리베이터의 위치를 추정할 수 있도록, 로봇 구동부(160), RGB-D 센서(130), 엘리베이터 인식부(110) 및 엘리베이터 위치 추정부(120)를 제어한다.

[0049] 보다 구체적으로 설명하면, 로봇 제어부(140)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 엘리베이터 근처의 기 설정된 인식 지점으로 이동 로봇(110)이 이동하도록 로봇 구동부(160)를 제어한다.

[0050] 그런 다음, 로봇 제어부(140)는 인식 지점에서 엘리베이터가 위치하는 것으로 추정되는 추정 위치에 대한 엘리베이터 추정 이미지를 획득한다. 본 발명에서는 RGB-D 센서(130)의 센싱 데이터, 즉 영상 정보와 3차원 거리 정보 중 영상 정보를 이용하여 엘리베이터 추정 이미지를 획득하는 것을 예로 하는데, 이동 로봇(110)에 별도의 카메라가 설치되는 경우, 해당 카메라에 의해 촬영된 이미지를 이용하여 엘리베이터 추정 이미지를 생성할 수 있음은 물론이다.

[0051] 그런 다음, 로봇 제어부(140)는 학습 모델(112)이 엘리베이터 추정 이미지 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하도록 엘리베이터 인식부(110)를 제어하고, 엘리베이터 인식부(110)에 의해 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단된 경우, 엘리베이터 위치 추정부(120)가 RGB-D 센서(130)의 점군 데이터에 기초하여 추정 위치 내에서의 엘리베이터의 위치를 추정하도록 제어하게 된다.

[0052] 상기와 같은 구성에 따라, 이동 로봇(110)의 주행 중의 위치 추정의 오류에 따라 인식 지점을 잘못 찾거나 주시 방향의 오류가 발생했을 때, 딥러닝 기반으로 인식 지점에서 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단하여 엘리베이터의 존재를 인식한 후, 엘리베이터의 양측 경계와 같은 엘리베이터의 위치를 추정함으로써, 이동 로봇(110)의 주행 중 위치 추정의 오류나 엘리베이터 근처에 있는 장애물 등으로 엘리베이터이 위치 추정시 발생할 수 있는 오류를 1차적으로 엘리베이터를 인식하는 과정을 통해 이를 명확히 할 수 있게 된다.

[0053] 이하에서는, 도 3을 참조하여 본 발명에 따른 이동 로봇(110)의 엘리베이터 인식 방법에 대해 상세히 설명한다.

[0054] 먼저, 이동 로봇(110)이 현재 층에서 주행 중인 과정에서 다른 층으로 이동하기 위해 엘리베이터로 이동하게 되면, 도 1에 도시된 바와 같이, 로봇 제어부(140)는 이동 로봇(110)이 엘리베이터 근처의 인식 지점으로 이동하도록 로봇 구동부(160)를 제어한다. 여기서, 인식 지점은 인식을 위한 별도의 표식을 이용하지 않고, 맵 저장부(150)에 저장된 주행 환경 지도 상의 좌표로 설정된다.

[0055] 이동 로봇(110)의 주행 과정에서 이동 로봇(110)이 인식 지점에 도착하면(S30), 엘리베이터 추정 이미지의 획득 과정이 수행된다(S31). 본 발명에서는 상술한 바와 같이, RGB-D 센서(130)에 의해 센싱된 센싱 데이터를 이용하여 엘리베이터 추정 이미지를 획득되는 것을 예로 한다. 즉, RGB-D 센서(130)의 센싱 데이터 중 영상 정보로부터 엘리베이터 추정 이미지가 획득된다.

[0056] 그런 다음, 엘리베이터 인식부(110)의 학습 모델(112)에 적용하기 전에, 학습 모델(112)의 판단 정확성을 높이기 위한 영상 전처리 과정이 엘리베이터 인식부(110)의 전처리부(111)를 통해 수행된다.

[0057] 도 4를 참조하여 설명하면, 전처리부(111)는 엘리베이터 추정 이미지 내에서 기 설정된 추출 알고리즘을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출한다. 즉, 이동 로봇(110)이 인식 지점에 위치하여 엘리베이터를 촬영할 때, 바닥면과 주변의 벽면이 함께 촬영되는 바, 주변에 엘리베이터와 유사한 다른 물건 등이 존재할 때와 같은 상황에 따른 인식 오류를 제거하기 위해, 엘리베이터 추정 이미지의 바닥 부분과 양측 일부 영역을 제거하게 된다.

[0058] 본 발명에서는 전처리부(111)가 [수학식 1] 내지 [수학식 3]을 통해 엘리베이터 추정 영역을 추출하는 것을 예로 한다.

[0059] [수학식 1]

$$f_l(w_e) = a_l w_e + b_l \quad where \begin{cases} a_l = \dfrac{-5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_l = \dfrac{8w_{\max} - 3w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0060]

[0061] [수학식 2]

$$f_r(w_e) = a_r w_e + b_r \quad where \begin{cases} a_r = \dfrac{5w}{24(w_{\max} - w_{\min})} \\ b_r = \dfrac{16w_{\max} - 21w_{\min}}{24(w_{\max} - w_{\min})} w \end{cases}$$

[0062]

[0063] [수학식 3]

$$h_t = (1 - \theta/30)h \quad where \ 0 \le \theta \le 15$$

[0064]

[0065] 여기서, $f_l(w_e)$ 및 $f_r(w_e)$는, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 각각 엘리베이터 추정 이미지에서 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 좌측 좌표 및 우측 좌표이고, w는 엘리베이터 추정 이미지의 가로 길이이고, h는 엘리베이터 추정 이미지의 세로 길이이다. 예컨대, 엘리베이터 추정 이미지의 해상도가 320ㅅ240인 경우, w=320, h=240이다.

[0066] $w_{\max}$는 기 등록된 엘리베이터의 최대 가로 길이이고, $w_{\min}$는 기 등록된 엘리베이터의 최소 가로 길이이다. 본 발명에서는 통상적인 엘리베이터의 가로 폭을 고려하여 $w_{\max}$와 $w_{\min}$을 각각 1m와 3m로 설정하는 것을 예로 하며, 실제 이동 로봇(110)의 주행 환경에 설치된 엘리베이터를 고려하여 설정될 수 있음은 물론이다.

[0067] 그리고, w_e는 실제 엘리베이터의 가로 길이이고, h_t는 엘리베이터 추정 이미지에서 엘리베이터 추정 영역을 추출하기 위해 잘려나갈 세로 좌표이고, θ는 상기 엘리베이터 추정 이미지의 획득시의 수평 방향에 대한 촬영 각도, 즉 RGB-D 센서(130)의 수평 방향에 대한 기울기이다.

[0068] [수학식 1] 및 [수학식 2]에서 w_e는 변수이고, 나머지는 상수이다. [수학식 1]을 기준으로 설명하면, 엘리베이

터의 크기가 가장 큰 경우인 $w_e = w_{\max}$ 일 때 가장 작게 잘려나가고, 이 때의 $f_r(w_e)$을 1/8로 설정하는데, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 에 도시된 바와 같이 좌측을 기준으로 설정하는 바, 7/8로 설정된다. 반대로, 엘리베이터의 실제 크기가 가장 작은 경우인 $w_e = w_{\min}$ 일 때 가장 많이 잘려나가고, 이 때의 $f_r(w_e)$을 1/3로 설정하는데, 마찬가지로 좌측을 기준으로 설정하는 바, 2/3으로 설정된다. 이를 [수학식 2]에 대입하면, a_l, b_l을 $w_{\max}$와 $w_{\min}$으로 정리할 수 있다.

[0069] 마찬가지로, [수학식 2]의 경우, 엘리베이터의 크기가 가장 큰 경우인 $w_e = w_{\max}$일 때 가장 작게 잘려나가고, 이 때의 $f_l(w_e)$를 1/8로 설정한다. 반대로, 엘리베이터의 실제 크기가 가장 작은 경우인 $w_e = w_{\min}$일 때 가장 많이 잘려나가고, 이 때의 $f_l(w_e)$를 1/3로 설정한다. 이를 [수학식 1]에 대입하면, a_r, b_r을 $w_{\max}$와 $w_{\min}$으로 정리할 수 있다.

[0070] [수학식 3]의 경우, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, RGB-D 센서(130)의 기울기의 한계가 15°인 경우로, 15°일 때 잘려나가는 부분을 1/2가 되도록 설정한 것을 예로 하고 있다.

[0071] 상기와 같이, [수학식 1] 내지 [수학식 3]에서 엘리베이터의 실제 가로 길이와, RGB-D 센서(130)의 기울기가 입력되면 전처리 과정에서 잘려나갈 부분이 결정되고, 도 4의 (c)에 도시된 바와 같이, 엘리베이터 추정 이미지로부터 엘리베이터 추정 영역이 추출 가능하게 된다.

[0072] 전처리 과정이 끝나면, 엘리베이터 추정 영역이 학습 모델(112)에 적용되고(S33), 딥러닝 기반의 학습을 통해 생성된 학습 모델(112)이 엘리베이터 추정 영역 내에 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단한다(S34).

[0073] 그리고, S34 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 엘리베이터 위치 추정부(120)가 점군 데이터를 획득한다(S35). 여기서, 엘리베이터 위치 추정부(120)는 RGB-D 센서(130)로부터 새로이 센싱된 센싱 데이터에서 점군 데이터를 획득할 수 있으며, S31 단계에서 엘리베이터 추정 이미지를 획득하는 과정에서 센싱된 센싱 데이터에서 점군 데이터를 획득할 수도 있다.

[0074] 그럼 다음, 엘리베이터 위치 추정부(120)는 획득된 점군 데이터를 이용하여 엘리베이터의 위치를 추정하는데, 본 발명에서는 엘리베이터의 양측 경계를 추출하여(S36) 엘리베이터의 위치를 추정하는 것을 예로 하며, 로봇 제어부(140)는 양측 경계의 중심을 추출하고 해당 중심을 지나 엘리베이터에 승차하는 경로를 생성할 수 있다.

[0075] 이하에서는, 도 5 내지 도 10을 참조하여 본 발명에 따른 이동 로봇(110)이 엘리베이터의 경계를 추출하는 과정에 대해 상세히 설명한다.

[0076] 먼저, 점군 데이터 중 바닥 영역과 천장 영역을 노이즈 영역으로 제거한다(S50). 상술한 바와 같이, 점군 데이터를 구성하는 각 점은 x축 좌표값, y축 좌표값 및 z축 좌표값을 갖는데, RGB-D 센서(130)가 설치된 높이와, 인식 지점과 엘리베이터 사이의 거리를 기준으로 바닥 영역과 천장 영역을 설정하여 실제 엘리베이터 부분 만을 엘리베이터 위치 추정에 사용한다. 여기서, 좌측 벽면과 우측 벽면은 엘리베이터 위치 추정에 중요한 요소이므로, 노이즈 제거 단계에서는 바닥 영역과 천정 영역 만을 제거한다.

[0077] 그런 다음, 노이즈 제거 과정에서 남은 점들을 이용하여 2차원 점군 데이터를 생성한다(S51). 도 6의 (a)를 참조하여 설명하면, z축 방향으로 동일한 열의 점들은 유사한 x축 좌표값과 y축 좌표값을 갖는데, 동일 열을 구성하는 점들의 x축 좌표값들의 평균인 x축 평균값과, y축 좌표값들의 평균인 y축 평균값을 산출하여, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 2차원 점군 데이터를 생성한다. 이와 같은 과정을 통해, 엘리베이터 위치 추정에 사용되는 점군 데이터의 크기를 줄여 위치 추정 과정에서의 계산량을 현저히 줄일 수 있게 된다.

[0078] 다시 도 5를 참조하여 설명하면, 2차원 점군 데이터가 생성되면, 2차원 점군 데이터를 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)에 적용하여 2차원 점군 데이터에서 직선을 추출한다.

[0079] 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)은 이미지 내에서 직선을 찾는 알고리즘으로, 도 7의 (a)에 도시된 바와 같이, 허프 변환 변수 a_j, l_j를 가변시켜 직선 후보를 후출하고, 도 7의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이, 각각의 직선 후보 중 직선에 가장 많은 점들이 포함된 경우를 직선으로 검출한다.

[0080] 허프 변환 알고리즘(Hough transform algorithm)을 이용하여, 2개 직선이 검출되는 경우(S53), 이동 로봇(11

0)과 각 직선까지의 거리, 즉 좌표 원점인 RGB-D 센서(130)와 각 직선까지의 거리를 산출하고, 이를 이용하여 벽면 직선과 엘리베이터 직선을 판별한다(S54).

[0081] 그런 다음, 2차원 점군 데이터를 구성하는 각 점과 두 직선, 즉 벽면 직선과 엘리베이터 직선까지의 거리를 산출하여, 각 점에 벽면인지 엘리베이터인지를 검출한다(S55). 여기서, 벽면 직선과 엘리베이터 직선과 각 점 간의 거리 d 는 [수학식 4]를 통해 산출될 수 있다.

[0082] [수학식 4]

[0083] $$d = \left| x_i \cos(a_j) + y_i \sin(a_j) - l_j \right| \quad (i = 1,2,\cdots,n \text{ and } j = elevator, wall)$$

[0084] 여기서, [수학식 4]의 도출 원리는 도 8에 도시된 바와 같으며, 허프 변환 변수 a_j, l_j는 직선으로 추출되었을 때의 값이고, x_i, y_i는 점의 좌표값, 즉 각 점의 x축 평균값 및 y축 평균값이다. 여기서, 2차원 점군 데이터를 구성하는 모든 점이 벽면과 엘리베이터 중 어느 하나에 속하지는 않고 오차 범위를 벗어나는 경우, 그 외의 점으로 분류될 수 있다.

[0085] 그런 다음, 각 점이 엘리베이터인지 벽면인지 결정되면, 이에 기초하여 엘리베이터의 양측 경계가 추출된다(S56). 도 9를 참조하여 설명하면, 2개의 직선이 추출되어 벽면과 엘리베이터에 속하는 점들이 추출되더라도, 주행 환경이나 벽면에 설치된 구조물이나 물건 등에 의해, 도 9의 (a)에 도시된 바와 같이, 엘리베이터와 양측 벽면이 모두 검출되는 경우가 있고, 도 9의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이, 엘리베이터와 어느 일측 벽면 만이 검출될 수 있다.

[0086] 본 발명에서는 양측 벽면과 두 벽면 사이의 엘리베이터가 모두 검출된 경우, 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 두 점(도 9의 (a)의 B_L, B_R)을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 예로 한다.

[0087] 반면, 엘리베이터와 양측 벽면 중 어느 하나의 벽면이 검출된 경우, 도 9의 (b) 및 (c)에 도시된 바와 같이, 벽면으로 인식된 점 중 엘리베이터와의 경계의 점과 엘리베이터로 인식된 점 중 벽면의 반대측 끝 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출하는 것을 예로 한다.

[0088] 상기와 같은 과정을 통해 엘리베이터의 양측 경계가 추출되면, 두 점의 중심을 중심점으로 하고, 로봇 제어부(140)는 중심점을 경유하는 경로로 엘리베이터에 승차함으로써, 보다 안정적인 승차가 가능하게 된다.

[0089] 한편, S53 단계에서 2개의 직선이 검출되지 않고, 하나의 직선만이 검출되는 경우(S57), 이동 로봇(110)으로부터 검출된 직선까지의 거리, 즉 RGB-D 센서(130)로부터 직선까지의 거리를 기준으로 더 먼 곳에 위치한 점과 가까운 곳에 위치한 점, 즉 직선을 기준으로 전후에 위치하는 점들의 개수를 카운팅한다(S58).

[0090] 그런 다음, 먼 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우 해당 직선을 벽면 직선으로 분류하고, 가까운 곳에 위치한 점들의 개수가 기 설정된 개수보다 많은 경우, 해당 직선을 엘리베이터 직선으로 분류한다(S59).

[0091] 그리고, 도 10의 (a)에 도시된 바와 같이, S59 단계에서 벽면 직선으로 분류된 경우, 벽면 직선으로 분류된 점들의 인접한 점들 간의 거리(d)가 기 설정된 거리(dmax) 이상인 두 점을 엘리베이터의 양측 경계로 추출한다(S60). 반면, S59 단계에서 엘리베이터 직선으로 분류된 경우, 엘리베이터로 분류된 점들의 양측 끝 두 점을 엘리베이터의 경계로 추출하게 된다(S61).

[0092] 이와 같이, 벽면 직선과 엘리베이터 직선이 모두 검출되지 않은 불완전한 상황에서도, 상술한 바와 같이, 학습 모델(112)을 통해 전방에 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단된 상태이므로, 불완전한 데이터를 이용하여서도 정확하게 엘리베이터의 양측 경계를 추출할 수 있게 된다.

[0093] 다시, 도 3을 참조하여 설명하면, S34 단계에서 학습 모델(112)이 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단하지 않는 경우, 추가적인 인식 과정을 거칠 수 있다. 본 발명에서는 RGB-D 센서(130)의 촬영 각도를 변경해 가면서(S37, S38), 엘리베이터 추정 이미지를 획득하고, S32 단계 내지 S34를 통해 엘리베이터가 존재하는지 여부를 판단할 수 있다.

[0094] 이는 이동 로봇(110)의 주행 과정에서의 위치 추정 오류, 주시 각도 등의 오류를 통해 엘리베이터 근처에서 상대적으로 작은 오류를 통해 엘리베이터를 인식하지 못하는 상황에 대비하는 것이다. 다만, 설정된 모든 각도에

서 촬영하여도 엘리베이터가 인식되지 않을 때에는 이동 로봇(110)의 위치 추정 자체에 오류가 발생한 것인 바, 별도의 위치 추정 보정 과정 등을 거쳐야 하며, 본 발명에 따른 엘리베이터 인식 과정은 종료된다.

[0095] 이하에서는, 도 11 및 도 12를 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 이동 로봇(110)의 엘리베이터 인식 방법에 대해 설명한다. 도 11 및 도 12에 도시된 실시예에서는 학습 모델(112)을 이용한 엘리베이터 인식 과정이 점군 데이터를 이용한 엘리베이터의 위치 추정 과정에서 진행되는 것을 예로 한다.

[0096] 상술한 바와 같이, 점군 데이터를 이용한 엘리베이터의 양측 경계를 추출하는데 있어, 2개의 직선이 추출되는 경우에는 상대적으로 정확한 경계 추출이 가능하다. 반면, 1개의 직선이 추출되는 경우, 그 정확도가 상대적으로 낮은 것으로 인식될 수 있는 바, 학습 모델(112)을 이용하여 엘리베이터가 존재하는 것으로 인식되는 경우에 1개의 직선으로 엘리베이터의 경계를 추출하도록 구성된다.

[0097] 도 11 및 도 12를 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 상술한 바와 같이, 이동 로봇(110)이 인식 지점에 도착하면(S70), 엘리베이터 위치 추정부(120)는 RGB-D 센서(130)로부터의 센싱 데이터에서 점군 데이터를 획득한다(S71).

[0098] 그런 다음, 바닥 영역과 천장 영역을 노이즈로 제거하는 과정(S72), 2차원 점군 데이터를 생성하는 과정, 허프 변환 알고리즘을 이용하여 직선을 추출하는 과정(S74)을 거치게 되는데, 이에 대한 상세한 설명은 상술한 바와 같다.

[0099] 그리고, S75 단계에서 2개의 직선이 추출된 경우, 도 5에 도시된 S54 단계에서 같은 직선 판별 과정(S76), S55 단계에서와 같은 벽면과 엘리베이터 구별 과정(S77), 그리고 S56 단계에서와 같은 엘리베이터 양측 경계의 추출 과정(S을 거치게 된다. 이에 대한 구체적인 설명은 상술한 실시예에 대응하는 바, 그 설명은 생략한다.

[0100] 반면, S79 단계에서 1개의 직선만이 검출된 경우, RGB-센서의 센싱 데이터로부터 엘리베이터 추정 이미지를 획득한다(S82). 그런 다음, 도 3의 S32 단계와 같은 영상 전처리 과정(S83), S33 단계와 같은 학습 모델(112)을 이용한 엘리베이터 인식 과정(S84)을 수행하게 된다.

[0101] 그리고, S85 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되는 경우, 도 12에 도시된 바와 같이, 하나의 직선을 이용하여 양측 경계를 추출하는 과정을 S87 단계 내지 S90 단계를 통해 수행하게 된다. 여기서, S87 단계 내지 S90 단계는 도 5의 S58 단계 내지 S61 단계에 대응하는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.

[0102] 한편, S85 단계에서 엘리베이터가 존재하는 것으로 판단되지 않은 경우, 그리고 S79 단계에서 직선이 검출되지 않은 경우에는 RGB-D 센서(130)의 촬영 각도를 변경하면서(S80, S81), 점군 데이터를 이용한 엘리베이터의 경계 추출 과정과 학습 모델(112)을 이용한 엘리베이터 인식 과정을 반복 수행하게 되며, S80 단계에서 기 설정된 모든 각도에 대해 수행이 완료되면, 상술한 실시예에서와 같이, 위치 추정의 오류로 인식하여 엘리베이터 인식 과정을 종료하게 된다.

[0103] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

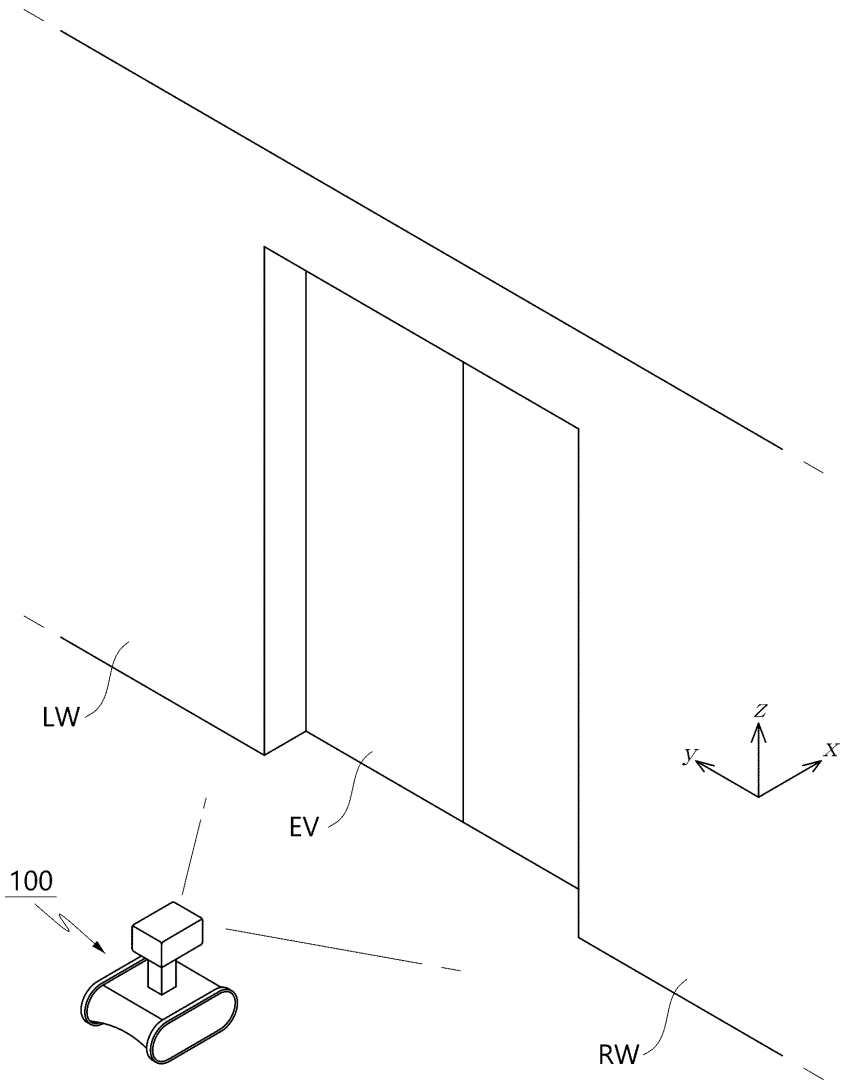
부호의 설명

[0104]

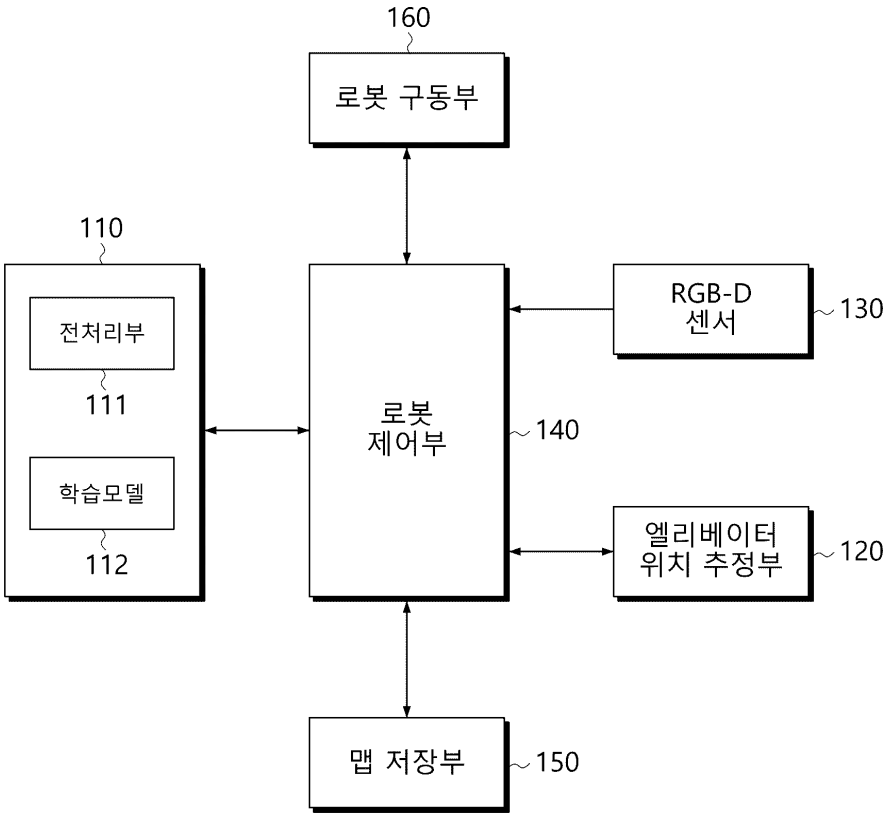
100	: 이동 로봇	110	: 엘리베이터 인식부
111	: 전처리부	112	: 학습 모델
120	: 엘리베이터 위치 추정부	130	: RGB-D 센서
140	: 로봇 제어부	150	: 맵 저장부
160	: 로봇 구동부		

도면

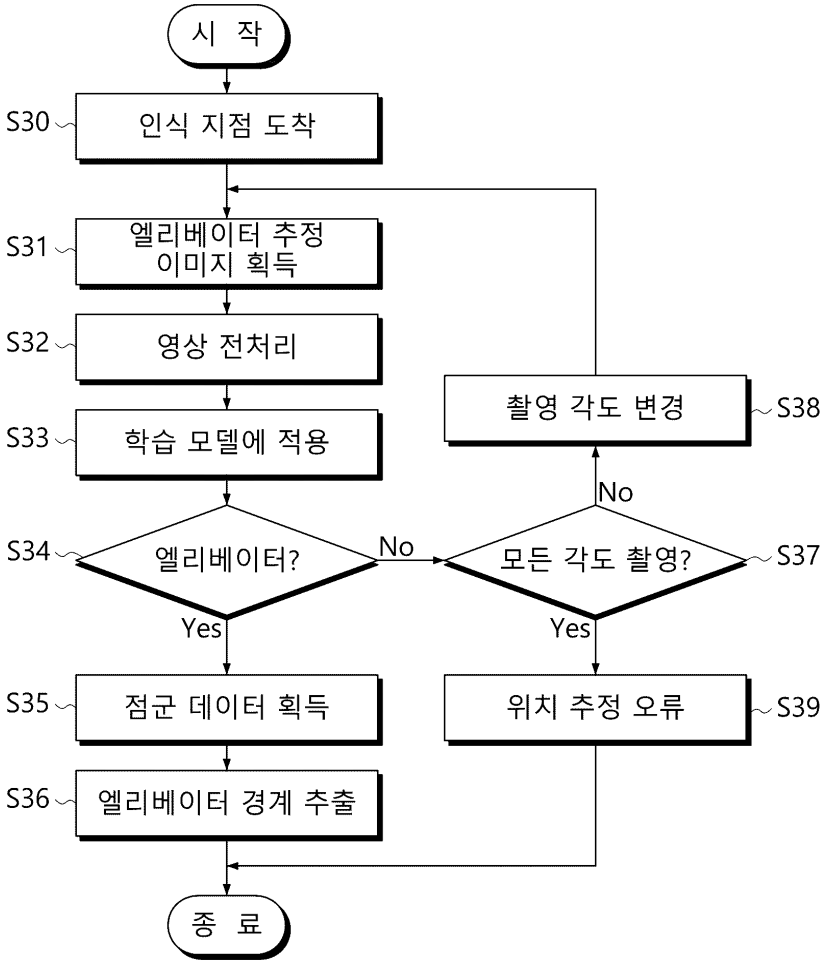
도면1



도면2

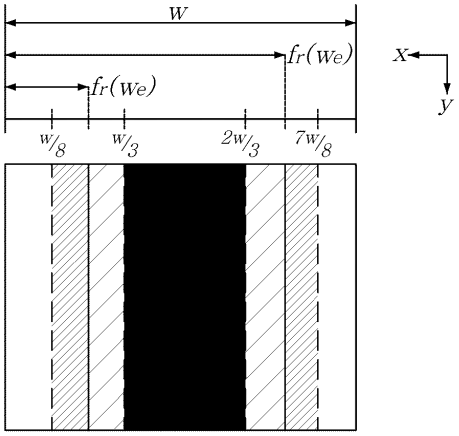

160
로봇 구동부
110
전처리부
111
학습모델
112
로봇
제어부
140
RGB-D
센서
130
엘리베이터
위치 추정부
120
맵 저장부
150

도면3

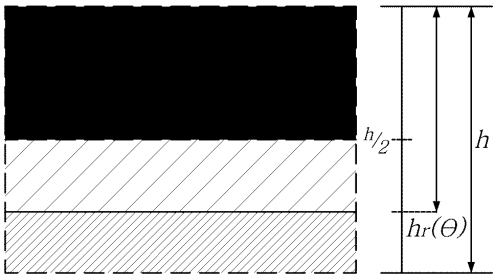

시 작
S30
인식 지점 도착
S31
엘리베이터 추정
이미지 획득
S32
영상 전처리
S33
학습 모델에 적용
S34
엘리베이터?
No
Yes
S35
점군 데이터 획득
S36
엘리베이터 경계 추출
종 료
모든 각도 촬영?
S37
No
Yes
촬영 각도 변경
S38
위치 추정 오류
S39

도면4

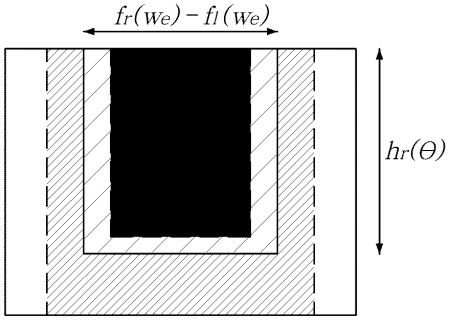
(a)



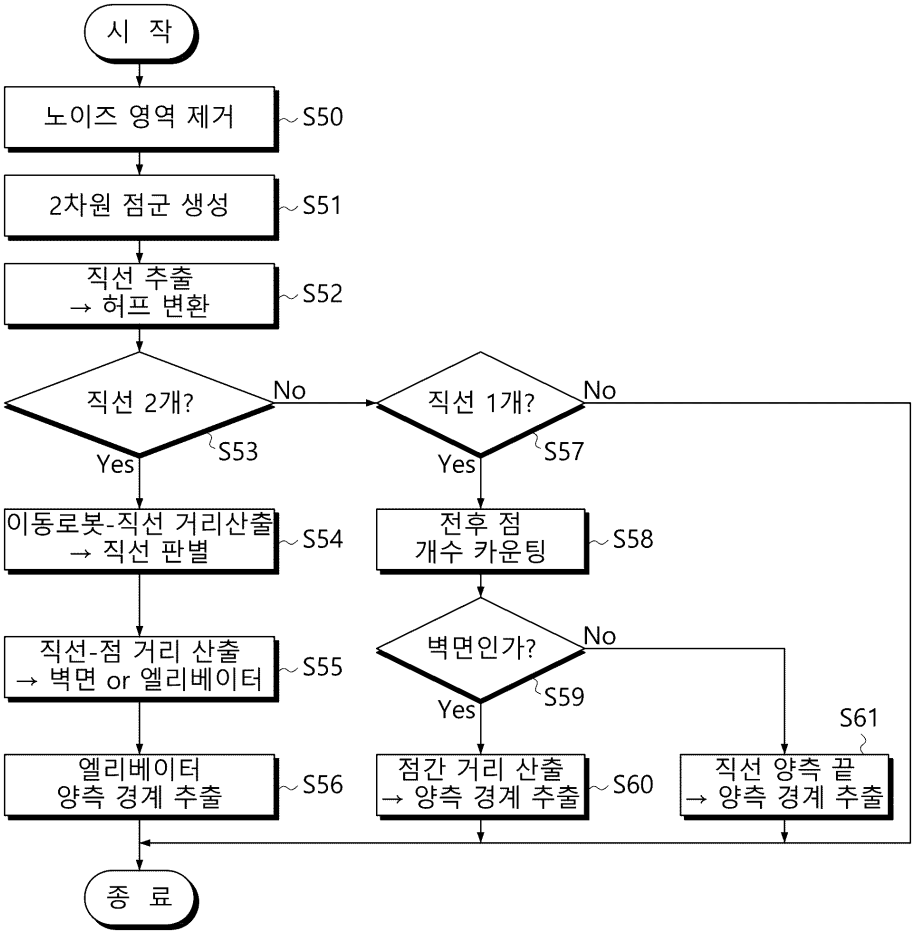
(b)



(c)

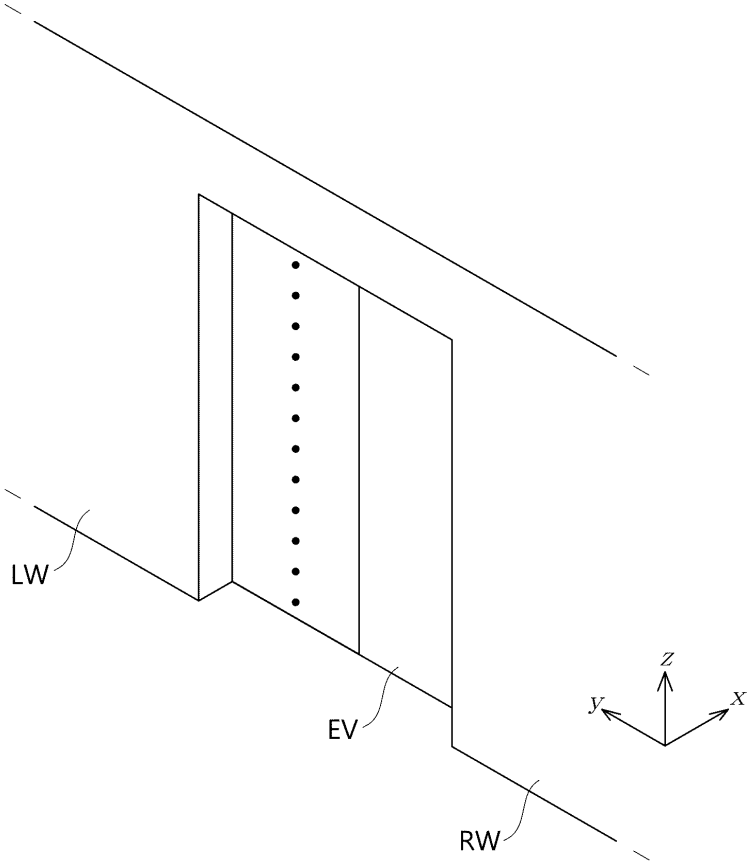


도면5


시 작
노이즈 영역 제거
S50
2차원 점군 생성
S51
직선 추출
→ 허프 변환
S52
직선 2개?
No
Yes
S53
직선 1개?
No
Yes
S57
이동로봇-직선 거리산출
→ 직선 판별
S54
전후 점
개수 카운팅
S58
직선-점 거리 산출
→ 벽면 or 엘리베이터
S55
벽면인가?
No
Yes
S59
S61
엘리베이터
양측 경계 추출
S56
점간 거리 산출
→ 양측 경계 추출
S60
직선 양측 끝
→ 양측 경계 추출
종 료

도면6

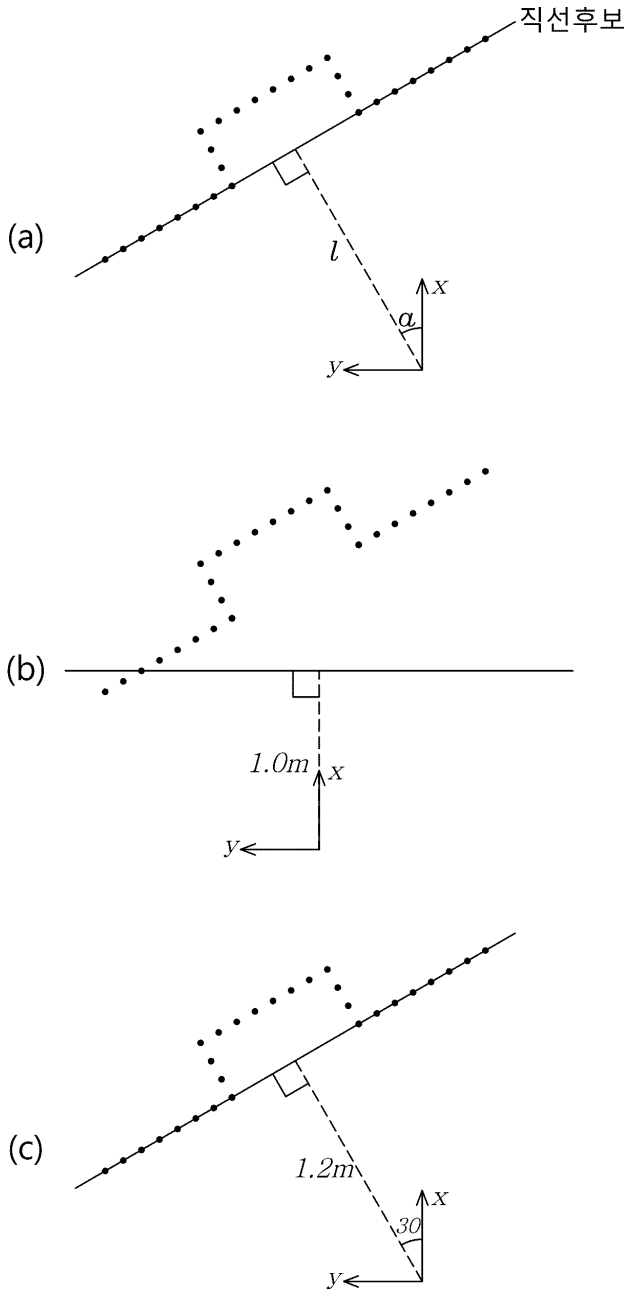
(a)



(b)

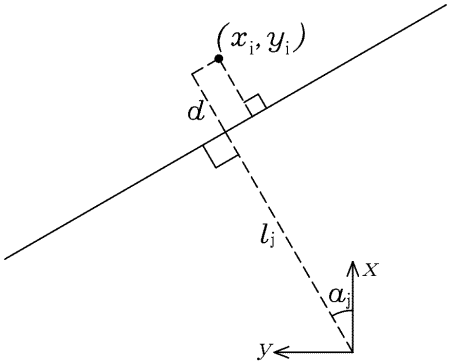


도면7

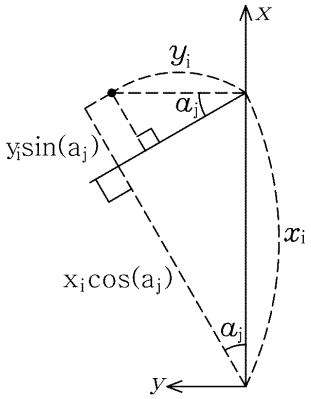


도면8

(a)

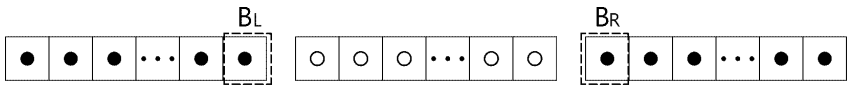


(b)

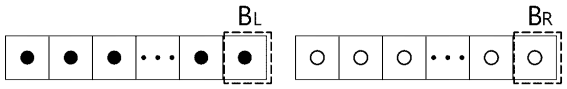


도면9

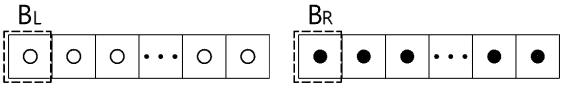
(a)



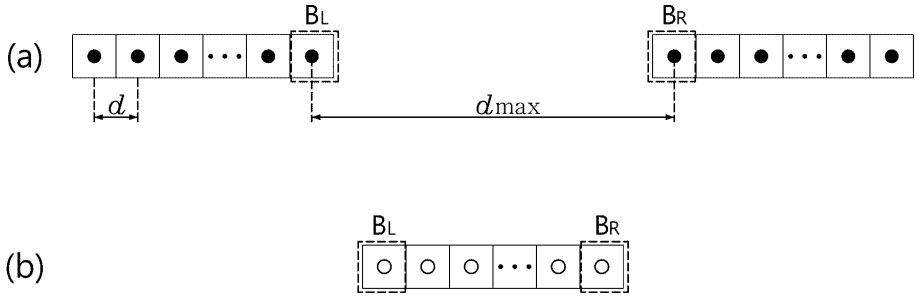
(b)



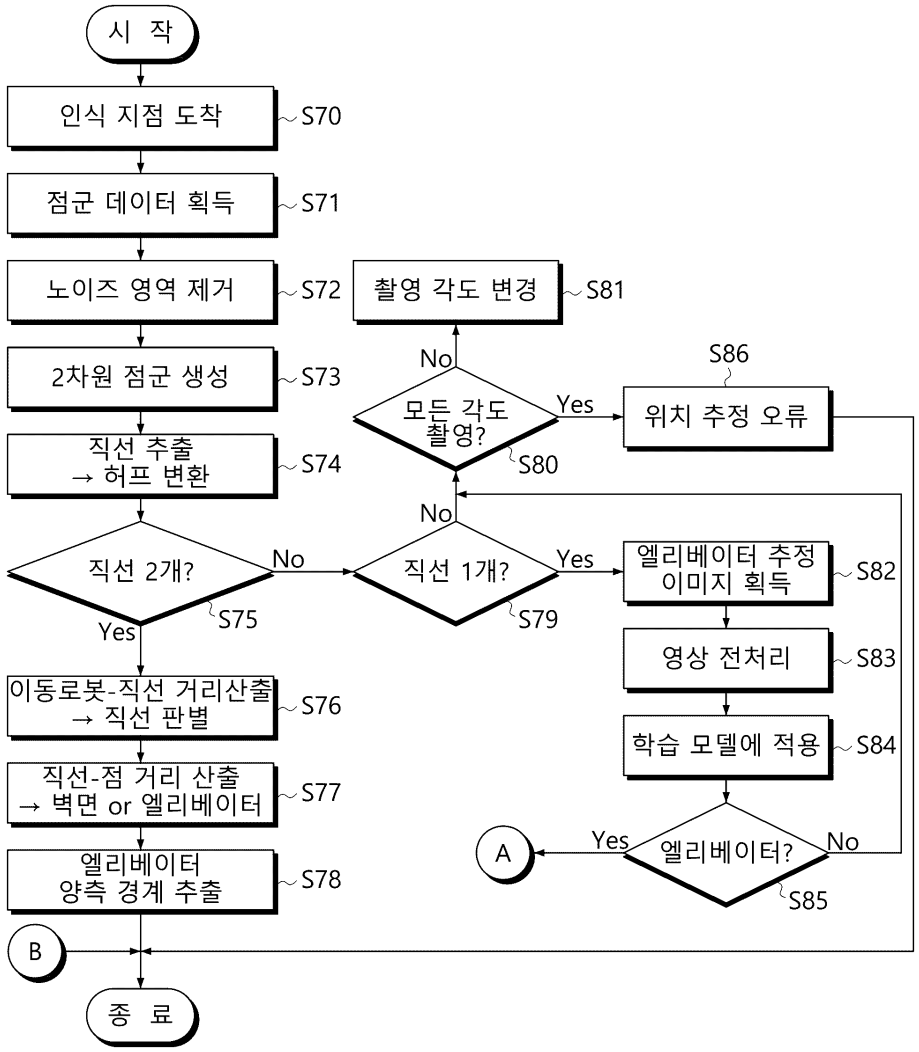
(c)



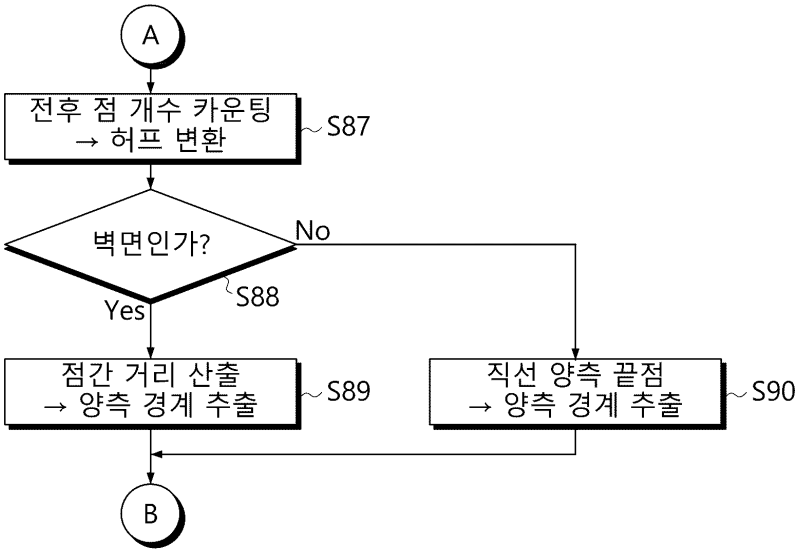
도면10


(a)
BL
BR
d
dmax
(b)
BL
BR

도면11


시 작
인식 지점 도착
S70
점군 데이터 획득
S71
노이즈 영역 제거
S72
2차원 점군 생성
S73
직선 추출
→ 허프 변환
S74
직선 2개?
S75
Yes
No
이동로봇-직선 거리산출
→ 직선 판별
S76
직선-점 거리 산출
→ 벽면 or 엘리베이터
S77
엘리베이터
양측 경계 추출
S78
B
종 료
직선 1개?
S79
Yes
No
모든 각도
촬영?
S80
Yes
No
촬영 각도 변경
S81
위치 추정 오류
S86
엘리베이터 추정
이미지 획득
S82
영상 전처리
S83
학습 모델에 적용
S84
엘리베이터?
S85
Yes
No
A

도면12


A
전후 점 개수 카운팅
→ 허프 변환
S87
벽면인가?
No
S88
Yes
점간 거리 산출
→ 양측 경계 추출
S89
직선 양측 끝점
→ 양측 경계 추출
S90
B