

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2024-0103263
(43) 공개일자 2024년07월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/20 (2024.01) G01S 17/06 (2006.01)
G01S 17/86 (2020.01) G01S 17/89 (2020.01)
G06F 17/10 (2006.01) G06T 7/70 (2017.01)

(52) CPC특허분류

G05D 1/0274 (2013.01)
G01S 17/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0185272

(22) 출원일자 2022년12월27일

심사청구일자 2022년12월27일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)

(72) 발명자

조영근

인천광역시 연수구 랜드마크로 160, 123동 1901호(송도동, 더샵 송도 마리나베이)

(74) 대리인

특허법인태백

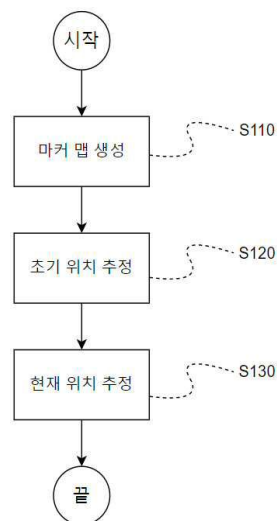
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법

(57) 요약

본 발명은 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법에 관한 것으로, 로봇의 사전 주행을 통해 관측한 주위 환경 정보를 기초로 마커 맵을 생성하는 단계, 로봇에 구비된 카메라 센서와 LiDAR 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 상기 마커 맵 상에서의 상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계, 및 상기 LiDAR 센서 및 상기 카메라 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 재귀적으로 상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 17/86 (2020.01)

G01S 17/89 (2022.01)

G05D 1/0248 (2013.01)

G06F 17/10 (2013.01)

G06T 7/70 (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415177471
과제번호	P0017124
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술진흥원
연구사업명	산업혁신인재성장지원(R&D)
연구과제명	신산업융합 생태계 구축을 위한 인공지능 기반 임베디드시스템 고급인력양성
기 여 율	50/100
과제수행기관명	(사)한국정보산업연합회
연구기간	2021.03.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711160586
과제번호	2022-0-00448-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	사람중심인공지능핵심원천기술개발
연구과제명	인간처럼 회상이 가능한 인공 신경망 지속학습 플랫폼 개발
기 여 율	50/100
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

로봇의 사전 주행을 통해 관측한 주위 환경 정보를 기초로 마커 맵을 생성하는 단계;

로봇에 구비된 카메라 센서와 LiDAR 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 상기 마커 맵 상에서의 상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계; 및

상기 LiDAR 센서 및 상기 카메라 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 재귀적으로 상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계를 포함하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 마커 맵을 생성하는 단계는,

점유 격자 지도 작성기반 맵핑과 EKF SLAM(Extended Kalman Filter Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 사용하여 격자 지도와 공유 가능한 상기 마커 맵을 생성하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 EKF SLAM의 상태 벡터(state vector) X_t 는,

t 에서의 로봇의 위치 $R_t = (x_t, y_t, \theta_t)^T$ 와 N 개의 마커 맵 $M_t = (x_{t,m,0}, y_{t,m,0}, \theta_{t,m,0}, \dots, x_{t,m,N}, y_{t,m,N}, \theta_{t,m,N})^T$ 로 구성되고, 하기의 수학식으로 나타내는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$X_t = (R_{t,l}, M_t)^T$$

$$R_{t,l} = (x_{t,l}, y_{t,l}, \theta_{t,l})$$

$$M_t = (x_{t,m,0}, y_{t,m,0}, \theta_{t,m,0}, \dots, x_{t,m,N}, y_{t,m,N}, \theta_{t,m,N})$$

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 마커 맵을 생성하는 단계는,

하기의 수학식과 같이 초기 공분산 Σ_0 의 로봇 위치 공분산을 0으로 초기화하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$\Sigma_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_{0,mm} \end{pmatrix}$$

$$\Sigma_{0mm} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx,0} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_{xx,N} \end{pmatrix}$$

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 마커 맵을 생성하는 단계는,

추정 과정을 진행하기 위한 관측 값 z_t 를 하기의 수학과 같이 정의하고, R 은 로봇 좌표계를 기준으로 하는 좌표를 의미하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$z_t = \begin{pmatrix} x_{t,z}^R \\ y_{t,z}^R \\ \theta_{t,z}^R \end{pmatrix}$$

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 관측 값 z_t 는,

하기의 수학적식을 통하여 생성된 관측 모델을 이용하여 추정 과정에서 사용될 예측 값 $\hat{z}_t = (\hat{x}_{t,z}, \hat{y}_{t,z}, \hat{\theta}_{t,z})$ 로 변환하고, 이 때, $\hat{x}_{t,z}$ 과 $\hat{y}_{t,z}$ 는 로봇 좌표계로부터 마커 포인트까지의 (x,y) 좌표를, $\hat{\theta}_{t,z}$ 는 로봇의 헤드와 관측된 마커 헤드의 각도 간의 차를 의미하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$\delta = \begin{pmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{t,m} & -x_t \\ y_{t,m} & -y_t \\ \theta_{t,m} & -\theta_t \end{pmatrix}$$

$$\hat{z}_t = \begin{pmatrix} \hat{z}_{t,x} \\ \hat{z}_{t,y} \\ \hat{z}_{t,\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_x \cos \theta_t + \delta_y \cos \theta_t \\ -\delta_x \sin \theta_t + \delta_y \sin \theta_t \\ \delta_\theta \end{pmatrix}$$

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 EKF SLAM은,

하기의 수학적식을 거쳐 마커의 위치를 보정하는 과정을 진행하고, Q_t 와 K_t 는 각각 센서 노이즈의 공분산과 칼만 게인을 의미하고, 공분산 $\Sigma_{t,mm}$ 은 시간 t 에서의 각 마커 간의 상관관계를 의미하며, 전체 공분산 Σ_{t+1} 은 $\Sigma_{t,mm}$ 이외의 공분산 요소는 영행렬로 구성되는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$K_t = \Sigma_t H_t^T (H_t \Sigma_t H_t^T + Q_t)^{-1}$$

$$X_{t+1} = X_t + K_t (z_t - \hat{z}_t)$$

$$\Sigma_{t+1} = (I - K_t H_t) \Sigma_t = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_{t,mm} \end{pmatrix}$$

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계는,

하기 수학적식과 같이, 초기 Σ_0 의 로봇의 위치에 대한 공분산을 $diag(1,1,1)$ 로, 마커 위치에 대한 공분산을 0으로 하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$\Sigma_0 = \begin{pmatrix} \Sigma_{0,RR} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\Sigma_{0,RR} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계는,

로봇의 초기 위치를 추정하기 위해 상기 마커 맵을 사용하며, 추정되지 않은 초기 위치 $R_0 = (x_0, y_0, \theta_0)$ 는 $(0, 0, 0)$ 으로 설정하고, 마커 맵 $M = (x_{m,0}, y_{m,0}, \theta_{m,0}, \dots, x_{m,N}, y_{m,N}, \theta_{m,N})$ 은 마커 맵을 생성하는 단계의 결과물을 사용하고, 시간 t 와 독립적이며, 마커가 관측되었을 때, 관측 값 z_t 를 바탕으로 보정 과정을 실행하여 초기 위치를 추정하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계는,

초기 위치를 추정하는 단계에서의 추정된 초기 위치를 기초로 재귀적으로 로봇의 위치를 추정하며, 해당 단계의 예측 상태 벡터의 R_t 는 LiDAR 위치 인식의 결과 $R_{t,l}$ 을 사용하고, M 은 초기값과 동일한 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계는,

EKF 위치인식 과정을 나타내는 수식인 하기의 수학적식을 통하여 위치를 인식하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$X_t = (R_{t,l}, M)^T$$

$$\Sigma_t = \Sigma_{t,l} = \begin{pmatrix} \Sigma_{t,l} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계는,

EKF 알고리즘을 통해 보정된 로봇의 위치를 계산하며 마커 위치인식으로부터 도출된 결과인 상태 벡터와 공분산

은 하기의 수학식을 통하여 정의되는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

$$K_t = \sum_t H_t^T (H_t \sum_t H_t^T + Q_t)^{-1}$$

$$X_{t+1} = X_t + K_t (z_t - \hat{z}_t)$$

$$\sum_{t+1} = (I - K_t H_t) \sum_t = \begin{pmatrix} \sum_{t,RR} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계는,

마커 위치인식의 위치 추정 결과를 LiDAR 위치인식에 전달하여 로봇의 위치를 다시 보정하는 재귀 형태로 구축되는 형태의 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 LiDAR와 카메라 센서 정보를 EKF 기반의 약결합 방식으로 결합하고 그 결합상태를 업데이트함으로써 로봇의 위치를 추정하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 다양한 물류 및 설비환경에서 작업효율 향상 및 안전상의 이유로 로봇의 도입이 가속화되고 있다. 일반적으로 많이 활용하는 실내 이송 및 물류 로봇은 주로 마그네틱 라인 설치를 통한 운행방식을 채택하고 있다.

[0003] 이에 대한 문제점으로, 로봇의 운행 자유도를 제한한다는 점과 운행 경로 추가 시 새로운 라인 설치와 같은 환경에 대한 변화 요구가 크다는 점이 지적된다.

[0004] 이러한 문제로 인해 최근 다양한 설비 및 공장환경에서 마그네틱 라인의 설치 없이 AMR(Autonomous Mobile Robot)을 도입하는 시도가 증가하고 있다.

[0005] 설비 환경에서 활용되는 로봇 플랫폼은 대부분 2D LiDAR를 활용하여 자율주행기능을 수행하고 있으며 도킹(Docking)을 위해 초음파센서나 V형태의 구조적 마커(Geometric Marker)를 활용하고 있으나, 2D LiDAR만을 사용한 AMR은 위치 인식의 정확성이 떨어진다는 한계가 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이와 같이 본 발명에 따르면, AMR 위치추정의 정확성을 향상시키기 위해 LiDAR와 카메라 센서 정보를 약결합하여 AMR의 위치를 추적하는 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법은 로봇의 사전 주행을 통해 관측한 주위 환경 정보를 기초로 마커 맵을 생성하는 단계; 로봇에 구비된 카메라 센서와 LiDAR 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 상기 마커 맵 상에서의 상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계; 및 상기 LiDAR 센서 및 상기 카메라 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 재귀적으로 상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따르면, LiDAR 기반 맵핑 및 위치인식 방법과 마커 기반 맵핑 및 위치인식 방법을 약결합으로 융합하여 효율적이고 강건한 위치 정보 갱신이 가능해지고, 기존 위치인식 방법에 비해 높은 정확성을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법의 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법을 수행하기 위한 하드웨어 플랫폼 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

[0011] 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법의 흐름도이다.

[0013] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법은 로봇의 사전 주행을 통해 관측한 주위 환경 정보를 기초로 마커 맵을 생성하는 단계(S110), 로봇에 구비된 카메라 센서와 LiDAR 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 상기 마커 맵 상에서의 상기 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계(S120), 및 상기 LiDAR 센서 및 상기 카메라 센서를 통해 측정된 정보를 이용하여 재귀적으로 상기 로봇의 현재 위치를 추정하는 단계(S130)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0014] 마커 맵을 생성하는 단계(S110)는 점유 격자 지도 작성기반 맵핑과 EKF SLAM(Extended Kalman Filter Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 사용하여 격자 지도와 공유 가능한 마커 맵을 생성한다.

수학식 1

$$X_t = (R_{t,l}, M_t)^T$$

$$R_{t,l} = (x_{t,l}, y_{t,l}, \theta_{t,l})$$

$$M_t = (x_{t,m,0}, y_{t,m,0}, \theta_{t,m,0}, \dots, x_{t,m,N}, y_{t,m,N}, \theta_{t,m,N})$$

[0018] 수학식 1은 EKF SLAM의 상태 벡터(state vector)의 구성이다.

[0019] EKF SLAM의 state vector X_t 는 t 에서의 로봇의 위치 $R_t = (x_t, y_t, \theta_t)^T$ 와 N 개의 마커 맵 $M_t = (x_{t,m,0}, y_{t,m,0}, \theta_{t,m,0}, \dots, x_{t,m,N}, y_{t,m,N}, \theta_{t,m,N})^T$ 로 구성된다. 초기 지도 작성에 EKF SLAM 알고리즘이 사용되며, 추정 과정의 모션 모델을 적용하는 대신, LiDAR 기반 위치 인식 결과 $R_{t,l}$ 를 사용한다.

수학식 2

$$\Sigma_0 = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Sigma_{0,mm} \end{pmatrix}$$

[0020]

$$\Sigma_{0mm} = \begin{pmatrix} \sigma_{xx,0} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_{xx,N} \end{pmatrix}$$

[0021]

[0022] 또한, LiDAR 기반 위치 인식 결과의 불확실성이 매우 작음을 가정하여 수학식 2와 같이 초기 공분산 Σ_0 의 로봇 위치 공분산을 0으로 초기화 한다.

수학식 3

$$z_t = \begin{pmatrix} x_{t,z}^R \\ y_{t,z}^R \\ \theta_{t,z}^R \end{pmatrix}$$

[0023]

[0024] 수학식 3은 마커의 관측 값 z_t 을 나타내고, R 은 로봇 좌표계를 기준으로 하는 좌표이다.

[0025] 추정 과정 이후의 공분산 Σ_t 는 마커의 공분산 값만을 가진다. 보정 과정에서 사용하는 관측 모델은 마커의 위치 값 $\hat{z}_t = (\hat{x}_{t,z}, \hat{y}_{t,z}, \hat{\theta}_{t,z})$ 를 사용한다. $\hat{x}_{t,z}$ 과 $\hat{y}_{t,z}$ 는 로봇 좌표계로부터 마커 포인트까지의 (x, y) 좌표를, $\hat{\theta}_{t,z}$ 는 로봇의 헤드와 관측된 마커 헤드의 각도 간의 차를 의미한다.

[0026] 보정 과정을 진행하기 위해 마커 관측 값 z_t 과 예측 값 $\hat{z}_{t,z}$ 를 구한다.

수학식 4

$$\delta = \begin{pmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \delta_\theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{t,m} - x_t \\ y_{t,m} - y_t \\ \theta_{t,m} - \theta_t \end{pmatrix}$$

[0027]

$$\hat{z}_t = \begin{pmatrix} \hat{z}_{t,x} \\ \hat{z}_{t,y} \\ \hat{z}_{t,\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_x \cos \theta_t + \delta_y \cos \theta_t \\ -\delta_x \sin \theta_t + \delta_y \sin \theta_t \\ \delta_\theta \end{pmatrix}$$

[0028]

[0029] 수학식 4는 예측 값 $\hat{z}_t$ 를 관측 값 z_t 로 변환하기 위한 관측 모델이다.

[0030] 해당 관측 모델은 M_t 과 R_t 를 사용하여 로봇 좌표계로부터 관측한 마커의 예측 값 $\hat{z}_{t,z}$ 를 구한다.

수학식 5

$$H = J_{\hat{z}_t} = \hat{z}_t'$$

[0031]

[0032] 수학식 5는 칼만 계인을 구하기 위해 관측 모델의 X_t 에 대한 야코비 행렬(Jacobian matrix) 값 H 를 계산하기 위한 수식이다. 수학식 5에 따라 구한 z_t , $\hat{z}_t$, H 를 이용하여 EKF SLAM의 보정 과정을 진행하며 수학식 6에 따라 마커의 위치를 보정한다.

수학식 6

$$K_t = \sum_t H_t^T (H_t \sum_t H_t^T + Q_t)^{-1}$$

[0033]

$$X_{t+1} = X_t + K_t (z_t - \hat{z}_t)$$

[0034]

$$\sum_{t+1} = (I - K_t H_t) \sum_t = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \sum_{t,mm} \end{pmatrix}$$

[0035]

[0036] Q_t 와 K_t 는 각각 센서 노이즈의 공분산과 칼만 계인을 의미한다. 공분산 $\sum_{t,mm}$ 은 시간 t 에서의 각 마커 간의 상관관계를 의미하며, 전체 공분산 $\sum_{t+1}$ 은 LiDAR 스캔 매칭 기반 위치 인식 결과가 정확하다는 가정에 의해 $\sum_{t,mm}$ 이외의 공분산 요소는 영행렬로 구성된다.

[0037] 로봇의 초기 위치를 추정하는 단계(S120)는 로봇에 구비된 카메라 센서를 통해 측정한 정보를 이용하여 마커 맵을 생성하는 단계(S110)에서 구한 마커 맵 상에서의 로봇의 초기 위치를 추정하는 과정으로, 이는 위치인식 과정의 첫 단계에 해당한다.

수학식 7

$$\Sigma_0 = \begin{pmatrix} \Sigma_{0,RR} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

[0038]

$$\Sigma_{0,RR} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

[0039]

[0040]

마커 맵을 생성하는 단계(S110)에서는 마커의 위치를 추정하는 반면, 초기 위치를 추정하는 단계(S120)에서는 로봇의 위치를 추정하기 때문에, 초기 Σ_0 의 로봇의 위치에 대한 공분산을 $diag(1,1,1)$ 로, 마커 위치에 대한 공분산을 0으로 한다.

[0041]

초기 상태 벡터는 수학식 1의 형태를 따르며, 로봇의 초기 위치를 추정하기 위해 마커 맵을 사용한다. 추정되지 않은 초기 위치 $R_0 = (x_0, y_0, \theta_0)$ 는 $(0,0,0)$ 으로 설정하고 마커 맵 $M = (x_{m,0}, y_{m,0}, \theta_{m,0}, \dots, x_{m,N}, y_{m,N}, \theta_{m,N})$ 은 마커 맵을 생성하는 단계(S110)의 결과물을 사용한다. 이때 M 은 EKF 위치 추정을 진행하더라도 변하지 않으므로 시간 t 와 독립적이다.

[0042]

마커가 관측되었을 때, 관측 값 z_t 를 바탕으로 보정 과정을 실행하여 초기 위치를 추정한다.

[0043]

로봇의 현재 위치를 추정하는 단계(S130)는 초기 위치를 추정하는 단계(S120)에서의 추정된 초기 위치를 기초로 재귀적으로 로봇의 위치를 추정한다. 해당 단계의 예측 상태 벡터의 R_t 는 LiDAR 위치 인식의 결과 $R_{t,l}$ 을 사용하고, M 은 초기값과 동일하다.

수학식 8

$$X_t = (R_{t,l}, M)^T$$

[0044]

$$\Sigma_t = \Sigma_{t,l} = \begin{pmatrix} \Sigma_{t,l} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

[0045]

[0046]

로봇의 위치 $R_{t,l}$ 을 LiDAR 위치 인식으로부터 받아오는 과정에서 로봇의 추정된 위치에 주행기록계가 포함되어 있기 때문에, 본 발명의 EKF 위치인식의 예측 과정은 LiDAR 위치인식에 해당하며, 수학식 8은 EKF 위치인식 과정을 수식으로 나타낸 것이다.

[0047]

상태 벡터 X_t 의 $R_{t,l}, M$ 을 관측모델(수학식 4)에 적용하여 예측 값 $\hat{z}_t$ 를 구하고, 관측모델에 대한 야코비 행렬 H 를 수학식 5에 따라 구한다. 또한, 카메라 센서로부터 마커 관측 데이터 z_t 를 전달받아 최종적으로 EKF 알고리즘을 통해 보정된 로봇의 위치를 계산한다.

수학식 9

[0048]
$$K_t = \sum_t H_t^T (H_t \sum_t H_t^T + Q_t)^{-1}$$

[0049]
$$X_{t+1} = X_t + K_t (z_t - \hat{z}_t)$$

[0050]
$$\sum_{t+1} = (I - K_t H_t) \sum_t = \begin{pmatrix} \sum_{t,RR} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

[0051] 수학식 9는 마커 위치인식으로부터 도출된 결과인 상태 벡터와 공분산이다.

[0052] 본 발명의 시스템 구조는 마커 위치인식의 위치 추정 결과를 LiDAR 위치인식에 전달하여 로봇의 위치를 다시 보정하는 재귀 형태로 구축된다.

[0053] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 물류 환경에서 라이다-카메라 약결합 기반 맵핑 및 위치인식 방법을 수행하기 위한 하드웨어 플랫폼 구성도이다.

[0054] 도 2를 참조하면, 본 발명의 하드웨어 플랫폼(200)은 인지 부(Perceptioin)(210), 판단 부(Planning)(220), 제어 부(Control)(230)를 포함한다.

[0055] 인지 부(210)는 AMR 시스템에서 설비 환경을 인식하고 장애물 및 이동 지형, 시스템의 현재 상태를 인지하도록 한다.

[0056] 인지 부(210)는 2D LiDAR(211)와 카메라(Camera)(212), 인코더(Encoder) 센서(213) 및 초음파(Ultrasonic) 센서(214)를 포함하며, 2D LiDAR(211)와 카메라(212)의 경우 전방 장애물 및 이동 위치를 파악하도록 한다.

[0057] 인코더 센서(213)는 로봇의 속도 및 위치를 파악하여 주행기록 정보를 생성한다.

[0058] 초음파 센서(214)는 후방 장애물을 감지하도록 하여 적재 및 운송과정에서 후방 충돌을 방지하도록 한다.

[0059] 판단 부(220)는 시스템의 위치 인식, 이동경로 생성 및 속도 제어를 판단하도록 한다. 인지 부(210)에서 받은 정보를 판단부(220)의 Main Process에서 처리하여 지도 작성 과정의 경우 위치인식 및 지도를 생성하고, 주행상황의 경우 위치인식, 이동경로 생성 및 속도를 제어한다.

[0060] 제어 부(230)는 판단 부(220)에서 생성된 속도를 바탕으로 해당 속도에 맞게 모바일 로봇을 제어한다. Main Process에서 계산된 속도를 시리얼 패킷 통신으로 받으며, 현재 로봇의 상태를 다시 Main Process에게 전달하도록 시스템을 구성한다.

[0061] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 하여 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 아래의 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0062] 200: 하드웨어 플랫폼

210: 인지부

211: 2D LiDAR

212: 카메라

213: 인코더 센서

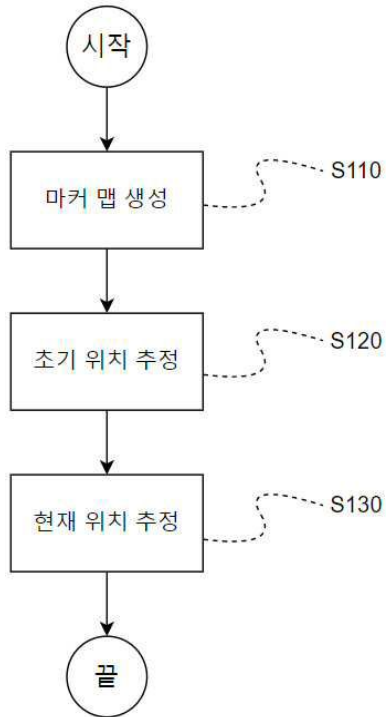
214: 초음파 센서

220: 판단부

230: 제어부

도면

도면1



도면2

