



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G05D 1/02 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년04월06일 10-0703882 2007년03월29일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0091295 2005년09월29일 2005년09월29일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2007-0036357 2007년04월03일
----------------------------------	---	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 전자부품연구원
 경기도 성남시 분당구 야탑동 68번지

(72) 발명자 박창우
 경기도 고양시 일산구 주엽동 삼환아파트 703동 204호

 이종배
 인천광역시 계양구 작전동 동보 2차 아파트 108-902

 성하경
 경기도 수원시 팔달구 우만2동 월드메르디앙 아파트 110-2402

(74) 대리인 정종욱
 진천웅
 조현동

(56) 선행기술조사문헌
 KR 10-2004-0064930 A *
 * 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 황준석

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 단일 카메라 기반 포즈인식이 가능한 이동로봇 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 단일 카메라 기반 포즈인식이 가능한 이동로봇 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 바닥면에 부착된 적어도 두 개의 이정표를 하나의 카메라를 통해 인식하고, 이정표로부터 해당 지점의 절대좌표와 이동로봇 자신의 좌표계상의 좌표를 구함으로써 자신의 좌표계 원점의 절대좌표와 그 회전 정도로 표시되는 이동로봇의 포즈를 구한다. 이에 따라 이동로봇은 하나의 카메라만을 사용하여 자신의 포즈를 인식할 수 있으며, 3차원 좌표를 추출하기 위한 고가의 공간센서 및 복수의 카메라나 그에 따른 설계의 복잡과 처리할 데이터의 크기에 대한 부담을 해소할 수 있고, 이동로봇의 포즈인식 처리속도를 더욱 높일 수 있다.

대표도

도 2

특허청구의 범위

청구항 1.

소정 평면인 바닥면 상에 기 설정된 적어도 2차원의 좌표계인 전역좌표계 상에서, 자신의 위치를 원점으로 하는 좌표계인 로봇좌표계의 상기 원점의 전역좌표 및 회전 정도를 나타내는 포즈(pose) 인식이 가능한 이동 로봇(robot)에 있어서,

상기 바닥면의 임의 지점에 마련되고 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보가 시각적으로 표시된 복수 개의 이정표;

상기 이동로봇에 고정 설치되어 적어도 두 개의 상기 이정표를 포함하는 이미지를 생성하는 카메라;

상기 카메라로부터 수신한 상기 이미지에 포함된 이정표 이미지로부터 상기 이정표 지점의 전역좌표를 추출하는 영상처리부; 및

상기 로봇좌표계에서 상기 이정표 지점이 인식되는 기하학적 관계를 기초로 계산한 상기 이정표 지점의 로봇좌표와 상기 이정표 지점의 전역좌표 사이의 관계를 계산함으로써, 상기 포즈를 계산하는 제어부;를 포함하고,

상기 이정표는, 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보를 표시함에 있어 바 코드(bar code), 일련의 아라비아 숫자, 문자 중 적어도 어느 하나로 표시하는 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 카메라는, 소정의 각도를 가지고 상기 바닥면을 향하게 상기 이동로봇의 전면에 설치되고,

상기 이동로봇의 주행방향 및 상기 카메라의 주시 방향이 서로 일치하는 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 3.

삭제

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 영상처리부는, 상기 이미지상에 적용된 2차원 좌표계인 영상좌표계상의 상기 이정표 이미지의 영상좌표를 추출하여 상기 제어부로 출력하고,

상기 제어부는, 3차원인 상기 로봇좌표계와 상기 영상좌표계 사이의 기 설정된 기하학적 관계를 기초로 상기 이정표 지점의 로봇좌표를 계산하는 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 5.

제 4항에 있어서,

상기 로봇좌표계는, 상기 원점을 지나고, 상기 이동로봇의 주행방향 및 상기 주행방향에 수직인 방향과 일치하는 상기 바닥면 상의 두 개의 축 및 상기 두 개 축에 서로 직교하는 다른 일 축으로 형성되며,

상기 로봇좌표계의 상기 주행방향에 수직인 축과 상기 영상좌표계의 일 축이 서로 평행인 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 6.

제 5항에 있어서,

상기 각 이정표 지점의 전역좌표 및 상기 이정표 지점의 로봇좌표의 관계가 다음의 수학식으로 표현되는 경우,

상기 포즈는 상기 로봇좌표계 원점의 전역좌표 (P_X, P_Y)가 되고, 상기 전역좌표계에 대해 θ 만큼 회전한 상태인 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

$$\begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\theta & \cos\theta & P_X \\ -\cos\theta & \sin\theta & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{pmatrix}$$

여기서, 상기 이정표 지점의 전역좌표는 (x_w, y_w), 로봇좌표는 (x_r, y_r).

청구항 7.

제 1항에 있어서,

상기 제어부의 제어명령에 따라 상기 이동로봇이 주행하도록 제어하는 구동부;를 더 포함하고,

상기 제어부는, 상기 이동로봇의 주행 중에 주기적 및 비주기적 간격 중 적어도 하나로 상기 포즈를 계산하고, 상기 계산된 포즈를 기초로 상기 이동로봇이 주행하도록 상기 구동부에 상기 제어명령을 전달하는 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 8.

제 7항에 있어서,

공기를 흡입하면서 대향되는 상기 바닥면의 먼지를 집진하는 흡진장치;를 더 포함하여 상기 바닥면을 청소하는 것을 특징으로 하는 포즈 인식이 가능한 이동 로봇.

청구항 9.

소정 평면인 바닥면 상에 기 설정된 적어도 2차원의 좌표계인 전역좌표계 상에서, 자신의 위치를 원점으로 하는 좌표계인 로봇좌표계의 상기 원점의 전역좌표 및 회전 정도를 나타내는 이동 로봇의 포즈 인식방법에 있어서,

상기 이동로봇 상에 고정된 카메라를 이용하여, 상기 바닥면의 임의 지점에 부착되고 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보가 시각적으로 표시된 복수 개의 이정표 중 적어도 두 개의 상기 이정표를 포함하는 이미지를 생성하는 단계;

상기 이미지에 포함된 이정표 이미지로부터 상기 이정표 지점의 전역좌표를 추출하는 단계; 및

상기 로봇좌표계에서 상기 이정표 지점이 인식되는 기하학적 관계를 기초로 계산한 상기 이정표 지점의 로봇좌표와 상기 이정표 지점의 전역좌표 사이의 관계를 계산함으로써, 상기 포즈를 계산하는 단계;를 포함하고,

상기 이정표는, 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보를 표시함에 있어 바 코드, 일련의 아라비아 숫자, 문자 중 적어도 어느 하나로 표시하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 포즈 인식방법.

청구항 10.

삭제

청구항 11.

제 9항에 있어서,

상기 생성한 이미지상에 적용된 2차원 좌표계인 영상좌표계상의 상기 이정표 이미지의 영상좌표를 추출하는 단계;를 더 포함하고,

상기 포즈를 계산하는 단계의 상기 이정표 지점의 로봇좌표는, 3차원인 상기 로봇좌표계와 상기 영상좌표계 사이의 기 설정된 기하학적 관계를 기초로 계산하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 포즈 인식방법.

청구항 12.

제 11항에 있어서,

상기 로봇좌표계는, 상기 원점을 지나고, 상기 이동로봇의 주행방향 및 상기 주행방향에 수직인 방향과 일치하는 상기 바닥면 상의 두 개의 축 및 상기 두 개 축에서 서로 직교하는 다른 일 축으로 형성되며,

상기 로봇좌표계의 상기 주행방향에 수직인 축과 상기 영상좌표계의 일 축이 서로 평행인 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 포즈 인식방법.

청구항 13.

제 12항에 있어서,

상기 각 이정표 지점의 전역좌표 및 상기 이정표 지점의 로봇좌표의 관계가 다음의 수학식으로 표현되는 경우,

상기 포즈는 상기 로봇좌표계 원점의 전역좌표 (P_X, P_Y)가 되고, 상기 전역좌표계에 대해 θ 만큼 회전한 상태인 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 포즈 인식방법.

$$\begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\theta & \cos\theta & P_X \\ -\cos\theta & \sin\theta & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{pmatrix}$$

여기서, 상기 이정표 지점의 전역좌표는 (x_w, y_w), 로봇좌표는 (x_r, y_r).

청구항 14.

제 9항에 있어서,

상기 이동로봇의 주행 중에 주기적 및 비주기적 간격 중 적어도 하나로 상기 포즈를 계산하는 단계를 반복하는 단계; 및

상기 계산된 포즈를 기초로 상기 이동로봇이 주행하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 포즈 인식방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 이동 로봇(Robot)의 포즈 인식에 관한 것으로, 특히 하나의 카메라를 통해 바닥면의 이점표를 인식함으로써 평면상에서 자신의 위치 및 회전 여부를 인식할 수 있는 단일 카메라 기반 포즈(pose)인식이 가능한 이동로봇 및 그 방법에 관한 것이다.

이동로봇은 고정된 위치가 아닌 공간을 스스로 움직이면서 주어진 작업을 수행한다. 이동로봇은 제품 생산에 필요한 부품이나 작업 도구 등을 필요한 위치로 옮기며, 옮긴 부품 등을 조립하여 제품을 생산하는 작업도 수행할 수도 있다. 근래에는 산업 분야뿐만 아니라 가정에서의 이동로봇의 활용 예가 많이 발표되고 있다. 가정에서는 이동로봇에게 청소를 시키거나, 물건을 옮기도록 한다.

고정된 위치가 아닌 공간을 스스로 움직이면서 주어진 작업을 수행하는 이동로봇에 대한 네비게이션(Navigation) 연구는 다양하게 이루어지고 있다.

이동로봇이 특정한 목표점을 찾아가거나, 소정의 공간 내를 이동하면서 자신이 이동한 위치를 인식하고 소정의 목적된 작업을 수행하기 위해서는 여러 가지 기능을 갖추어야 할 것이다. 그러한 기능으로는 장애물 피하기, 특정 지표나 자신의 현재 포즈인식 및 경로계획(Path Planning) 등이 있다.

가정에서 바닥면을 따라 이동하면서 바닥면을 청소하는 청소용 지능형 이동로봇의 경우라면, 정확한 포즈인식은 무엇보다 중요할 것이다. 여기서, 포즈란 자신의 위치(Localization) 및 회전정도(Rotation)을 포함한다.

종래에 지표의 3차원 좌표를 추출하기 위해 음향탐지장치(소나, sonar), 레이저(laser) 및 스테레오 카메라(Stereo Camera)와 같은 공간센서를 사용한다. 이 중에서도 카메라 기반의 이동로봇의 포즈인식은 주로 스테레오 카메라를 사용하여 지표의 3차원 좌표를 추출하였다.

로봇의 포즈추정을 위하여, 이동로봇은 센서정보와 함께 로봇 휠(wheel)의 변위를 측정하기 위해 기하학적 데이터(odometry data)를 동시에 사용하여 로봇의 위치를 추정하는 알고리즘이 사용되었다.

이와 같이, 종래의 이동로봇의 포즈인식은 필수적으로 지표의 3차원 좌표 추출이 우선되므로, 고가의 공간센서를 필요로 하였다. 나아가 기하학적 데이터를 센서 정보와 함께 사용하기 때문에, 인코더(encoder)와 같은 부품 및 이를 위한 신호처리 알고리즘이 부가적으로 필요하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 하나의 카메라를 통해 바닥면의 이점표를 인식함으로써 평면상에서 자신의 위치 및 회전 정도를 인식할 수 있는 단일 카메라 기반 포즈(pose)인식이 가능한 이동로봇 및 그 방법을 제공함에 있다.

발명의 구성

상기 목적을 달성하기 위해 본 발명에 따라, 소정 평면인 바닥면 상에 기 설정된 적어도 2차원의 좌표계인 전역좌표계 상에서, 자신의 위치를 원점으로 하는 좌표계인 로봇좌표계의 상기 원점의 전역좌표 및 회전 정도를 나타내는 포즈(pose) 인식이 가능한 이동 로봇(robot)은, 상기 바닥면의 임의 지점에 부착되고 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보가 시각적으로 표시된 복수 개의 이정표, 단일 카메라, 영상처리부 및 제어부를 포함한다.

카메라는 상기 이동로봇에 고정 설치되어 적어도 두 개의 상기 이정표를 포함하는 이미지를 생성하여 출력하고, 영상처리부는 수신한 상기 이미지에 포함된 이정표 이미지로부터 상기 이정표 지점의 전역좌표를 추출한다. 제어부는 상기 로봇좌표계에서 상기 이정표 지점이 인식되는 기하학적 관계를 기초로 계산한 상기 이정표 지점의 로봇좌표와 상기 이정표 지점의 전역좌표 사이의 관계를 계산함으로써 상기 포즈를 계산한다.

상기 카메라는, 소정의 각도를 가지고 상기 바닥면을 향하게 상기 이동로봇의 전면에 설치되고, 상기 이동로봇의 주행방향 및 상기 카메라의 주시 방향이 서로 일치하는 것이 바람직하다.

상기 이정표는, 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보를 표시함에 있어 바 코드(bar code), 일련의 아라비아 숫자, 문자 중 적어도 어느 하나로 표시하는 것이 바람직하다.

일 실시 예로 상기 영상처리부는, 상기 이미지상에 적용된 2차원 좌표계인 영상좌표계상의 상기 이정표 이미지의 영상좌표를 추출하여 상기 제어부로 출력하고, 상기 제어부는 3차원인 상기 로봇좌표계와 상기 영상좌표계 사이의 기 설정된 기하학적 관계를 기초로 상기 이정표 지점의 로봇좌표를 계산한다.

여기서, 상기 로봇좌표계는, 상기 원점을 지나고, 상기 이동로봇의 주행방향 및 상기 주행방향에 수직인 방향과 일치하는 상기 바닥면 상의 두 개의 축 및 상기 두 개 축에 서로 직교하는 다른 일 축으로 형성되며, 상기 로봇좌표계의 상기 주행방향에 수직인 축과 상기 영상좌표계의 일 축이 서로 평행이다.

상기 이정표 지점의 전역좌표 및 상기 이정표 지점의 로봇좌표의 관계가 다음의 수학식으로 표현되는 경우, 상기 포즈는 상기 로봇좌표계 원점의 전역좌표 (P_X, P_Y)가 되고, 상기 전역좌표계에 대해 θ 만큼 회전한 상태가 된다.

$$\begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\theta & \cos\theta & P_X \\ -\cos\theta & \sin\theta & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{pmatrix}$$

여기서, 상기 이정표 지점의 전역좌표는 (x_w, y_w), 로봇좌표는 (x_r, y_r)이다.

본 발명의 다른 실시 예는, 상기 제어부의 제어명령에 따라 상기 이동로봇이 주행하도록 제어하는 구동부를 더 포함하고, 상기 제어부는 상기 이동로봇의 주행 중에 주기적 및 비주기적 간격 중 적어도 하나로 상기 포즈를 계산하고, 상기 계산된 포즈를 기초로 상기 이동로봇이 주행하도록 상기 구동부에 상기 제어명령을 전달한다.

나아가, 공기를 흡입하면서 대향되는 상기 바닥면의 먼지를 집진하는 흡진장치를 더 포함하여 상기 바닥면을 청소할 수 있다.

본 발명의 또 다른 실시 예에 따른, 소정 평면인 바닥면 상에 기 설정된 적어도 2차원의 좌표계인 전역좌표계 상에서, 자신의 위치를 원점으로 하는 좌표계인 로봇좌표계의 상기 원점의 전역좌표 및 회전 정도를 나타내는 이동 로봇의 포즈 인식방법은, 이미지를 생성하는 단계, 전역좌표를 추출하는 단계 및 포즈를 계산하는 단계를 포함한다.

상기 이미지를 생성하는 단계는 상기 이동로봇 상에 고정된 카메라를 이용하여, 상기 바닥면의 임의 지점에 부착되고 상기 지점의 전역좌표를 포함하는 정보가 시각적으로 표시된 복수 개의 이정표 중 적어도 두 개의 상기 이정표를 포함하는 이미지를 생성한다.

상기 전역좌표를 추출하는 단계는 상기 이미지에 포함된 이정표 이미지로부터 상기 이정표 지점의 전역좌표를 추출한다.

또한, 상기 포즈를 계산하는 단계는, 상기 로봇좌표계에서 상기 이정표 지점이 인식되는 기하학적 관계를 기초로 계산한 상기 이정표 지점의 로봇좌표와 상기 이정표 지점의 전역좌표 사이의 관계를 계산함으로써, 상기 포즈를 계산한다.

본 발명은 방법, 장치 및 시스템으로 구현될 수 있다. 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

도 1은 본 발명에 따른 이동로봇의 동작 설명에 제공되는 도면이다.

도 1을 참조하면, 본 발명의 이동로봇(200)은 평면인 바닥면을 따라 소정의 방법으로 이동할 수 있으며, 카메라(203)를 하나만 구비하여 자신의 포즈(pose)를 인식할 수 있다. 포즈란 자신의 위치 및 회전 정도를 말하며, 여기서 위치란 소정 절대좌표계 상의 좌표를 말한다.

이동로봇(200)은 먼저 카메라(203)을 통해 자신의 전방에 위치한 특정 지점의 절대좌표를 추출한다. 이후에 이동로봇(200)은 자신의 관점(자신의 현재 위치를 원점으로 하는 좌표계)에서 해당 특정 지점이 인식되는 기하학적 관계를 기초로, 추출한 특정 지점의 절대좌표로부터 자신의 관점(좌표계)과 절대좌표계의 관계를 파악함으로써 자신의 포즈를 계산한다. 다시 말해, 이동로봇(200)의 포즈는 절대좌표계상에서 자신의 좌표계의 원점의 위치 및 회전 정도가 된다.

이하에서는 본 발명의 적절한 설명을 위해 사용되는 각종 좌표계를 간단히 설명한다. 본 발명에서는 전역좌표계, 영상좌표계 및 로봇좌표계를 포함하는 3가지 좌표계를 사용한다.

전역좌표계는 기 설정된 원점을 기준으로 하는 절대 좌표로써, 이동로봇(200)은 본 발명의 방법을 통해 자신의 전역좌표를 구하고 이에 따라 자신의 포즈를 인식한다. 도 1에서 전역좌표계는 각각 X_W , Y_W 및 Z_W 를 각 축으로 하여 표시된다.

영상좌표계는 이동로봇(200)의 카메라(203)가 생성한 이미지에서의 소정 위치를 원점으로 설정한 좌표로써 기본적으로 2차원 좌표로 충분하다. 따라서, 영상좌표계는 카메라(203)의 촬상면(미도시)에 포함되고 서로 수직인 두 개의 선에 의해 이루어진다. 이 경우, 촬상면(미도시)이 향하는 방향은 이동로봇(200)의 주행방향과 일치한다.

다만, 적절한 설명을 위해 3차원 좌표계를 사용할 경우, 촬상면(미도시)상의 두 개의 선과 상기 두 개 선의 교차점을 지나고 촬상면(미도시)에 수직인 선에 의해 형성되는 좌표계를 사용할 수 있으며, 도 1에서 영상좌표계는 각각 X_I , Y_I 및 Z_I 를 각 축으로 하여 표시하였다.

영상좌표계는 이동로봇(200)에 고정 설치된 카메라(203)의 위치와 이동로봇(200)의 이동에 따라 상기 전역좌표계와의 대응관계가 변한다. 다만, 카메라(203)와 이동로봇(200)의 상대적인 위치가 고정되어 있으므로, 아래에서 설명되는 로봇좌표계와 영상좌표계는 고정된 대응관계를 가지게 된다.

로봇좌표계는 이동로봇(200)의 소정 부분을 원점으로 하는 이동로봇(200) 자신의 좌표계로써 이동로봇(200)의 주행에 따라 전역좌표계와 로봇좌표계의 대응관계는 변하게 된다.

바람직하게는 로봇좌표계의 일 축을 이동로봇(200)의 주행 방향으로 한다. 도 1에서 로봇좌표계는 각각 X_R , Y_R 및 Z_R 를 각 축으로 하여 표시된다. 그러나, 로봇좌표계의 일 축이 반드시 주행방향일 필요는 없으며, 그에 따른 영상좌표계 및 전역좌표계와의 대응관계를 조정해 주면 된다.

전역좌표계, 로봇좌표계 및 영상좌표계의 상관관계는 위에서 설명한 바와 같다. 정리하면, 로봇좌표계와 영상좌표계가 소정의 고정된 대응관계를 가지며, 전역좌표계 상에서 변하게 된다.

바닥면 상에 포함되는 로봇좌표계의 일 축과 영상좌표계의 일 축은 평행인 것이 바람직하다. 그러나 이에 한정되지 아니한다. 로봇좌표계와 영상좌표계의 기하학적 대응관계를 조정해 주면 된다.

나아가 바닥면 상에 포함되는 로봇좌표계의 일 축은 이동로봇(200)의 주행방향과 일치하는 것이 바람직하다. 그러나 이에 한정되지 아니하며, 계산된 포즈를 이용한 이동로봇(200)의 주행 알고리즘만을 보상해 주면 된다.

본 발명의 설명의 편의를 위해, 이하에서는 로봇좌표계의 X_R 및 Y_R 가 형성하는 평면과 전역좌표계의 X_W 및 Y_W 가 형성하는 평면이 서로 평행이다. 또한, 로봇좌표계의 X_R 과 영상좌표계의 X_I 는 서로 평행이며, 로봇좌표계의 Y_R 및 Z_R 가 생성하는 평면과 영상좌표계의 Y_I 및 Z_I 가 생성하는 평면은 서로 평행이다.

이동로봇(200)은 자신의 위치 즉, 로봇좌표계의 원점이 전역좌표계상 어디에 위치하고, 로봇좌표계상의 일 축이 전역좌표계상의 일 축에서 얼마만큼 회전되어 있는지를 판단함으로써 자신의 포즈를 인식한다.

이를 위하여, 이동로봇(200)은 카메라(203)를 이용하여, 바닥면에 표시된 적어도 두 개의 '이정표'를 읽어 자신의 포즈를 인식한다. 이정표란, 그 표시된 해당 바닥면 위치의 좌표를 가진 표지로서, 바닥면에 부착되거나 인쇄된 것을 말한다. 도 1에서는 바닥면의 두 지점 A, B에 이정표가 표시되어 있다.

이정표는 소정 개수가 소정의 간격으로 부착, 인쇄 등을 포함하는 방법으로 바닥면에 표시되며, 카메라(203)를 통해 적어도 두 개가 읽혀지도록 표시되어야 한다. 이정표는 다양한 방법으로 자신의 전역좌표에 대한 정보를 가지며, 그 방법은 바코드(bar code), 일련의 아라비아 숫자 또는 문자와 같이 시각적으로 인식가능하게 표시되는 방법이 해당할 수 있다.

이동로봇(200)에 부착되는 카메라(203)는 바닥면에 대하여 소정의 각도를 가지고 고정되어 있으면서, 바닥면에 있는 적어도 두 개의 이정표의 전역좌표를 읽어 오고, 이정표의 해당 전역좌표가 로봇좌표계상의 어디에 위치하는지를 판단함으로써 전역좌표계상에서 로봇좌표계의 원점의 전역좌표 및 회전 정도를 판단한다.

이러한 방법을 통해, 이동로봇(200)은 비교적 작은 개수의 이정표를 표시하더라도 자신의 포즈를 인식할 수 있으며, 일정 공간 내에 표시되는 이정표의 수는 이동로봇(200)상에 설치된 카메라(203)의 높이 및 각도에 따라 달라질 수 있다.

이하에서는 도 2를 참조하여 이동로봇(200)의 각 부분을 설명한다.

도 2는 본 발명에 따른 단일 카메라 기반 위치인식이 가능한 이동로봇의 블록도이다.

이하에서는 본 발명의 적절한 설명을 위해 두 개의 이정표를 이용하는 방법을 설명하며, 이를 위해 도 1의 A 및 B의 위치에 표시된 두 개의 이정표가 카메라(203)를 통해 동시에 읽혀진다고 가정한다.

도 2를 참조하면, 이동로봇(200)은 센서(sensor)부(201), 카메라(camera)(203), 영상처리부(205), 구동부(207), 저장매체(209), 제어부(211) 및 사용자인터페이스부(213)를 포함한다.

도 2의 이동로봇(200)은 본 발명의 이동로봇의 기본적인 구성만을 도시하였으며, 이동로봇의 역할에 따른 각종 구성을 생략하였다. 예를 들어, 청소용 이동로봇인 경우라면, 공기를 흡입하면서 대향되는 바닥의 먼지를 집진하는 흡진장치(미도시)를 구비하고 제어부(211)의 제어를 받을 수 있다.

센서부(201)는 각종의 센서가 포함되며 장애물 감지 및 주행거리 검출 등의 작업을 위한 정보를 생성한다. 센서부(201)에 포함되는 센서로는, 외부로 신호를 송출하여 반사된 신호를 수신함으로써 장애물을 검출하는 장애물 검출 센서와, 주행거리를 측정할 수 있는 주행거리 검출센서가 해당할 수 있다.

카메라(203)는 도 1의 예처럼, 카메라(203) 전방의 이미지를 촬상할 수 있도록 바닥면에 대하여 고정된 각도로 이동로봇(200)에 설치되며, 바람직하게는 전역좌표계 X_W , Y_W 평면상에 투영된 이동로봇(203)의 주행 방향과 카메라(200)의 주시 방향이 일치하도록 이동로봇(200)의 전면에 설치된다. 그러나, 카메라(203)가 전면에 설치되지 않거나 주행방향과 주시방향이 일치하지 않더라도 촬상된 이미지로부터 이동로봇(200)의 포즈를 계산하는 전반적인 알고리즘은 동일하며, 다만 계산된 포즈에 따라 이동로봇(200)의 이동을 제어하는 알고리즘이 달라질 수 있다.

카메라(203)가 설치되는 소정 각도에 따라 하나의 이미지로 생성될 수 있는 바닥면의 넓이가 달라지므로, 바닥에 표시되어야 하는 이정표의 수가 달라질 수 있다.

카메라(203)는 이동로봇(200)의 이동에 따라 바닥면으로부터 적어도 두 개의 이정표를 포함하는 이미지를 생성한다. 따라서, 카메라(203)는 A, B에 표시된 이정표가 포함된 이미지를 영상처리부(205)로 전달한다.

영상처리부(205)는 카메라(203)로부터 수신한 이미지로부터 A, B에 표시된 이정표의 이미지를 추출하고, 추출한 이정표의 이미지로부터 해당 바닥 지점 A, B의 전역좌표를 추출한다. 또한, 영상처리부(205)는 수신한 이미지에서의 A, B 지점의 영상좌표를 추출한다. 영상처리부(205)가 카메라(203)로부터 수신한 이미지에서 전역좌표를 추출하는 방법 및 영상좌표를 추출하는 방법은 본 발명의 기술분야 및 영상처리분야에서 이미 알려진 기술을 사용할 수 있다.

영상처리부(205)는 추출한 A, B 지점의 영상좌표 및 전역좌표를 제어부(211)로 출력한다.

구동부(207)는 제어부(211)의 명령에 따라 이동로봇(200)이 이동하도록 제어한다. 구동부(207)는 바퀴를 각각 회전 구동시키는 모터(미도시)와 모터에 의해 발생하는 동력을 전달하는 동력전달수단(미도시)을 포함한다. 구동부(207)는 제어부(211)의 제어명령에 따라 각 모터를 제어함으로써 전진, 후진 및 방향전환 등을 포함하는 동작을 수행한다.

저장매체(209)는 소정의 활성 및 비활성 메모리(memory), 기타 하드 디스크(hard disk)가 해당하며, 제어부(211)의 동작에 관한 각종 프로그램이 저장되거나, 전역좌표계에 관한 정보, 전역좌표를 중심으로 하는 작업공간의 지도정보 및 주행 중 계산한 포즈정보를 저장할 수 있다.

제어부(211)는 전진, 후진 및 회전을 포함하는 이동로봇(200)의 전반적인 동작을 제어함과 동시에, 사용자인터페이스부(213)를 통해 사용자로부터 소정의 제어명령을 수신하여 수행하거나 소정의 정보를 사용자에게 표시한다.

제어부(211)는 영상처리부(205)로부터 수신한 정보를 기초로 자신의 포즈를 추출한다. 영상처리부(205)로부터 수신되는 정보에는 카메라(203)에서 생성한 이미지에 포함된 두 개 이정표의 전역좌표와 영상좌표를 포함한다. 즉, 도 1에서 바닥면 A, B의 전역좌표 및 영상좌표가 제어부(211)로 입력된다.

제어부(211)는 수신한 두 개 이정표의 전역좌표 및 영상좌표를 가지고 이동로봇(200)의 전역좌표 및 회전 정도를 구한다.

제어부(211)는 구해진 자신의 포즈를 기초로 자신의 작업을 수행하도록 구동부(207) 등을 제어한다.

사용자인터페이스부(213)는 이동로봇(200)과 사용자 간의 인터페이스를 제공하기 위한 입력부(미도시) 및 표시부(미도시)를 포함한다. 또한, 사용자인터페이스부(213)는 소정의 유선 또는 무선 연결을 위한 인터페이스를 포함할 수 있으며, 이에 따라 유선 또는 무선 접속에 의해 사용자의 명령을 받거나 사용자에게 소정의 정보를 제공할 수 있다.

이하에서는 도 3을 참조하여, 본 발명의 이동로봇의 포즈인식 방법을 설명한다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동로봇의 포즈인식 방법의 설명에 제공되는 흐름도이다. 이동로봇(200)은 현재 위치에서 이정표를 읽음으로써 다음의 단계에 따른 방법에 의하여 전역좌표계 상에서의 자신의 포즈를 알 수 있으며, 이전의 이동경로에 대한 이력 관리 등이 필요치 않다.

이동로봇(200)의 카메라(203)는 바닥면 A, B에 표시된 이정표가 포함된 이미지를 생성하여 영상처리부(205)로 전달한다(S301).

영상처리부(205)는 수신한 이미지로부터 A, B 위치의 전역좌표와 영상좌표를 추출한다. 예를 들어, 이정표가 바코드 형태라면 이미지에 포함된 바코드로부터 A, B의 전역좌표를 구하고, 수신한 이미지상의 이정표 위치의 영상좌표를 구한다. 영상처리부(205)는 구해진 A, B 두 지점의 전역좌표와 영상좌표를 제어부(211)로 전달한다(S303).

제어부(211)는 A, B 두 지점의 영상좌표로부터 기 설정된 대응관계를 기초로 로봇좌표를 구한 다음, 로봇좌표와 전역좌표에 관하여 기 계산된 관계식에 적용함으로써 이동로봇(200)의 포즈를 구한다(S305).

이하에서는 도 3의 단계 중 S305의 단계를 도 4 내지 도 6을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 먼저, 두 개 이정표의 영상좌표를 기초로 소정의 방법으로 두 개 이정표의 로봇좌표를 구하는 방법을 설명한다.

도 4 내지 도 6의 설명은, 로봇좌표계의 X_R 과 영상좌표계의 X_I 가 서로 평행하고, 로봇좌표계의 Y_R 및 Z_R 가 형성하는 평면과 영상좌표계의 Y_I 및 Z_I 가 형성하는 평면이 서로 평행하다.

그러나, 본 발명은 이러한 경우에 한정되지 아니하며, 다만 영상좌표계와 로봇좌표계 사이에 소정의 고정된 대응관계를 유지하면 족하다.

먼저, 도 4는 이점표 지점의 영상좌표로부터 로봇좌표를 구하는 방법의 설명에 제공되는 도면으로, 도 1 내지 도 4를 참조하여 영상좌표로부터 로봇좌표(x_r, y_r) 중 x_r 를 구하는 방법을 설명한다. 적절한 설명을 위하여 하나의 이점표를 가지고 설명한다.

도 4의 (a)는 영상좌표계에 투영된 카메라(203)의 이미지 c 를 나타내며, A 지점의 영상좌표가 (x_i, y_i)임을 보인다.

도 4의 (b)는 두 개의 축 X_R, Y_R 을 기준으로 한 로봇좌표계를 나타내며, x_r 은 A 지점의 로봇좌표계상의 좌표인 (x_r, y_r)을 표시한 것이나, x_r 만을 중심으로 표시하였다.

도 1의 카메라(203)의 위치 및 영상좌표계의 위치와 로봇좌표계의 위치를 고려할 때, x_i 와 x_r 은 선형의 관계에 있고, x_i 이 커지면 x_r 도 커지므로 다음의 수학적 식 1과 같은 관계를 가진다.

$$\text{수학적 식 1}$$

$$x_r = (K \times x_i) + P$$

여기서, K는 선형계수이고, P는 상수이다. 다만, $x_i=0$ 일 때 $x_r=0$ 이므로, P=0이다. 영상좌표계에 투영되는 이미지는 카메라(203)의 렌즈의 특성에 따라 y_i 가 증가할수록 실질적인 x_i 는 큰 값이 되므로, K는 y_i 에 선형으로 변하는 특성이 있다. 도 3의 (b)의 d는 그것을 보인다.

따라서, 최종적인 x_i 와 x_r 의 관계는 다음의 수학적 식 2와 같다.

$$\text{수학적 식 2}$$

$$x_r = ((a \times y_i) + b) \times x_i$$

여기서, a, b는 매핑변수이며, 영상좌표에 투영되는 이미지 및 실제 거리 등의 실측에 의해 구한다.

이하에서는 도 5를 참조하여, 로봇좌표(x_r, y_r) 중 y_r 를 구하는 방법을 설명한다.

도 5는 이점표 지점의 로봇좌표 중 y_r 를 구하는 방법의 설명에 제공되는 로봇좌표계의 일부를 도시한 도면으로, 도 1 내지 도 5를 참조하여 영상좌표로부터 로봇좌표(x_r, y_r) 중 y_r 를 구하는 방법을 설명한다.

도 5는 $X_R=0$ 인 로봇좌표계의 단면으로써, 가로축 및 세로축은 로봇좌표계의 일 축인 Y_R 과 Z_R 이다.

여기서, h는 카메라(203) 중심의 높이, e는 카메라(203)에 잡힌 이미지의 모습을 가상의 평면으로 나타낸 이미지 플레인(plane), y_{off} 는 이동로봇(200) 중심(로봇좌표계 원점)과 카메라(203) 위치와의 Y_R 축 상 거리, y_{rc} 는 이미지 플레인 e의 중심이 Y_R 축 상에 투사된 값, ψ 은 점 h, y_s, p 로 형성되는 이등변 삼각형의 한 끝 각, ϕ 는 카메라(203)의 각이다. 이상에서, h, y_s, y_{rc} 는 실측으로 구한 값이다.

구하고자 하는 로봇좌표 y_r 은 도 5의 기하학적 구조에 따라 다음의 수학적 식 3과 같이 구해진다.

$$\text{수학적 식 3}$$

$$y_r = h \tan(\gamma + \lambda) + y_{off}$$

여기서, γ 는 $\angle y_{off} h y_s$ 이다. λ 는 $\angle y_s h y_r$ 이다.

카메라(203) 중심과 이미지 플레인 e로 이루어지는 삼각형과 점 h, y_s , p로 형성되는 이등변 삼각형은 닮은 관계에 있으므로,

$m = \frac{\overline{y_p}}{\overline{y_i}}$ 이며, $\overline{y_p}$ 와 $\overline{y_i}$ 는 실제로 측정한 거리이다.

도 5의 기하학적인 관계에 의해, γ 와 λ 는 다음의 수학식 4 및 5와 같다.

수학식 4

$$\gamma = 90^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{h}{y_s - y_{off}}\right)$$

수학식 5

$$\lambda = \cos^{-1}\left(\frac{l - y_p \cos \psi}{\sqrt{l^2 + y_p^2 - 2l y_p \cos \psi}}\right)$$

여기서, $l = \sqrt{h^2 + (y_s - y_{off})^2}$, $\psi = 180^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{h}{y_s - y_{off}}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{y_{re}}{h}\right)$ 이다.

따라서, 로봇좌표 y_r 을 구하기 위한 수학식 3은 다음의 수학식 6과 같이 다시 표현할 수 있다.

수학식 6

$$y_r = h \tan\left(90^\circ - \omega + \cos^{-1}\left(\frac{l - m y_i \cos \psi}{\sqrt{l^2 + (m y_i)^2 - 2l m y_i \cos \psi}}\right)\right) + y_{off}$$

여기서, $\omega = \tan^{-1}\left(\frac{h}{y_s - y_{off}}\right) = 90^\circ - \gamma$ 이고, h, y_s , y_{off} 는 실측으로 구해지므로, 수학식 6은 영상좌표계 상의 y_i 에 의해 고유하게 계산되는 y_r 의 비선형 방정식이 된다.

이하에서는 다음 단계로써, 구해진 두 개 이정표의 로봇좌표를 이용하여 이동로봇(200)의 포즈를 구하는 방법을 설명한다.

도 6은 전역좌표계상에서 이동로봇의 포즈를 나타낸 도면이다.

도 6을 참조하면, 전역좌표계는 두 개의 축 X_W, Y_W 를 기준으로 표시되었고, 굵은 화살표로 표시된 로봇의 진행방향을 기초로 두 개의 축 X_R, Y_R 를 기준으로 하는 로봇좌표계가 표시되었다.

A, B 지점에 표시된 두 개의 이정표의 영상좌표는 각각 $(x_{i1}, y_{i1}), (x_{i2}, y_{i2})$ 이고, 전역좌표는 각각 $(x_{w1}, y_{w1}), (x_{w2}, y_{w2})$ 임을 보인다. 그리고, 로봇좌표계 원점을 구하는 이동로봇(200)의 전역좌표라고 할 때, 이동로봇의 위치는 (P_X, P_Y) 가 되고, 이동로봇은 축 X_W 로부터 θ 만큼 회전한 상태가 된다.

따라서, 이동로봇의 포즈는 (P_X, P_Y, θ) 로 표시할 수 있다.

로봇좌표계의 임의의 한 점을 전역좌표계의 좌표로 매핑하는 행렬을 다음의 수학식 7과 같다. 여기서 ${}^W T^R$ 은 매핑행렬이 된다.

수학식 7

$${}^wT^R = \begin{pmatrix} 1 & 0 & P_X \\ 0 & 1 & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & P_X \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

여기서, $\alpha + \theta = 90^\circ$ 이므로, 전역좌표계와 로봇좌표계의 관계는 다음의 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$\begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\theta & \cos\theta & P_X \\ -\cos\theta & \sin\theta & P_Y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{pmatrix}$$

수학식 8과 A,B 두 지점의 이점표에 대한 전역좌표 $(x_{w1}, y_{w1}), (x_{w2}, y_{w2})$ 및 로봇좌표 $(x_{r1}, y_{r1}), (x_{r2}, y_{r2})$ 를 이용하여 (P_X, P_Y) 를 구하면 다음의 수학식 9 및 10과 같다.

수학식 9

$$P_X = \frac{1}{2} (x_{w1} + x_{w2} - x_{r1} \sin\theta - y_{r1} \cos\theta - x_{r2} \sin\theta - y_{r2} \cos\theta)$$

수학식 10

$$P_Y = \frac{1}{2} (y_{w1} + y_{w2} + x_{r1} \cos\theta - y_{r1} \sin\theta + x_{r2} \cos\theta - y_{r2} \sin\theta)$$

여기서, θ 는 이동로봇(200)의 회전 각도이며, 다음의 수학식 11과 같다.

수학식 11

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{(x_{w1} - x_{w2})(x_{r1} - x_{r2}) + (y_{w1} - y_{w2})(y_{r1} - y_{r2})}{(y_{r1} - y_{r2})(x_{w1} - x_{w2}) + (x_{r1} - x_{r2})(y_{w1} - y_{w2})} \right)$$

이상의 방법으로 이동로봇(200)의 현재 전역좌표 및 회전 정도를 구할 수 있다. 따라서 이동로봇의 포즈는 (P_X, P_Y, θ) 가 된다.

이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안 될 것이다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따르면, 이동로봇(Mobile Robot)은 하나의 카메라만을 이용하여 자신의 포즈(pose)를 인식할 수 있으며, 이전의 이동 경로에 대한 이력 관리 없이도 자신의 위치 및 회전 정도를 즉시 인식할 수 있다.

본 발명에 따른 이동로봇은 포즈 인식을 위한 각종 공간센서를 필요로 하지 않으며, 스테레오 카메라와 같은 복수의 카메라를 사용하지 않음으로써 설계의 복잡 및 처리할 데이터의 크기에 대한 부담을 해소할 수 있으며, 이에 따라 이동로봇의 이동속도 및 처리속도를 더욱 높일 수 있다.

또한, 고가의 센서나 카메라를 사용하지 않음으로써 이동로봇의 제작단가를 줄일 수 있다.

본 발명의 이동로봇 포즈인식 방법은 로봇 네비게이션(navigation) 분야에 적용함으로써 자신의 포즈인식을 활용한 지능형 작업을 수행할 수 있다. 청소용 이동로봇의 경우를 예로 들면, 로봇은 자신의 포즈를 정확히 파악함으로써 한 번 지나온 경로를 다시 지나가지 않도록 제어함과 동시에 소정 청소영역에 스캐닝하지 않은 부분이 발생하지 않도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 이동로봇의 동작 설명에 제공되는 도면,

도 2는 본 발명에 따른 단일 카메라 기반 위치인식이 가능한 이동로봇의 블록도,

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 이동로봇의 포즈인식 방법의 설명에 제공되는 흐름도,

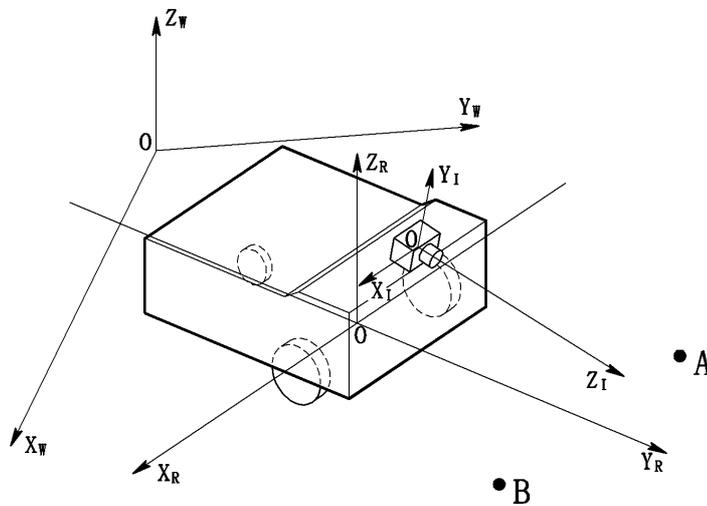
도 4는 이정표 지점의 영상좌표로부터 로봇좌표를 구하는 방법의 설명에 제공되는 도면,

도 5는 이정표 지점의 로봇좌표 중 y_r 를 구하는 방법의 설명에 제공되는 로봇좌표계의 일부를 도시한 도면, 그리고

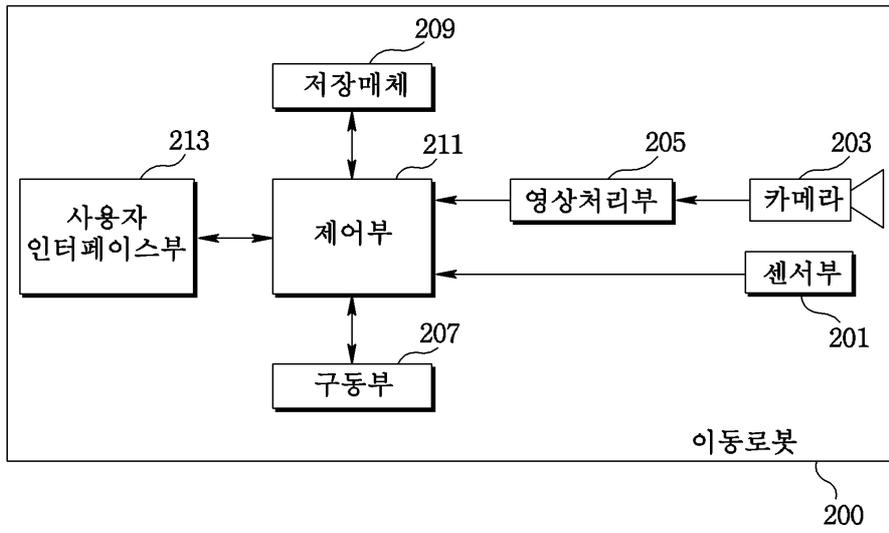
도 6은 전역좌표계상에서 이동로봇의 포즈를 나타낸 도면이다.

도면

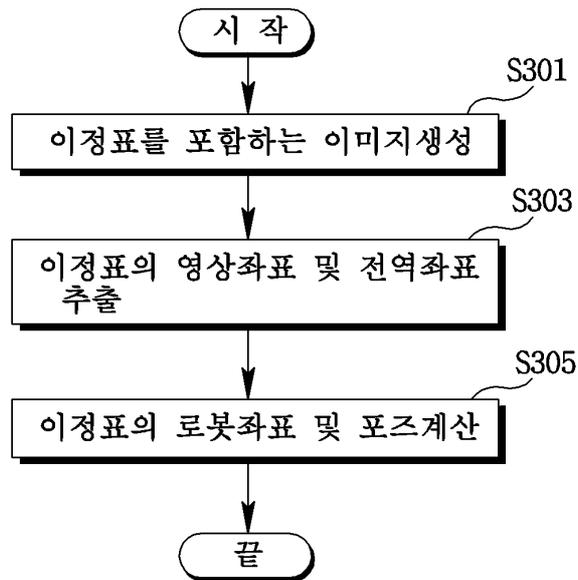
도면1



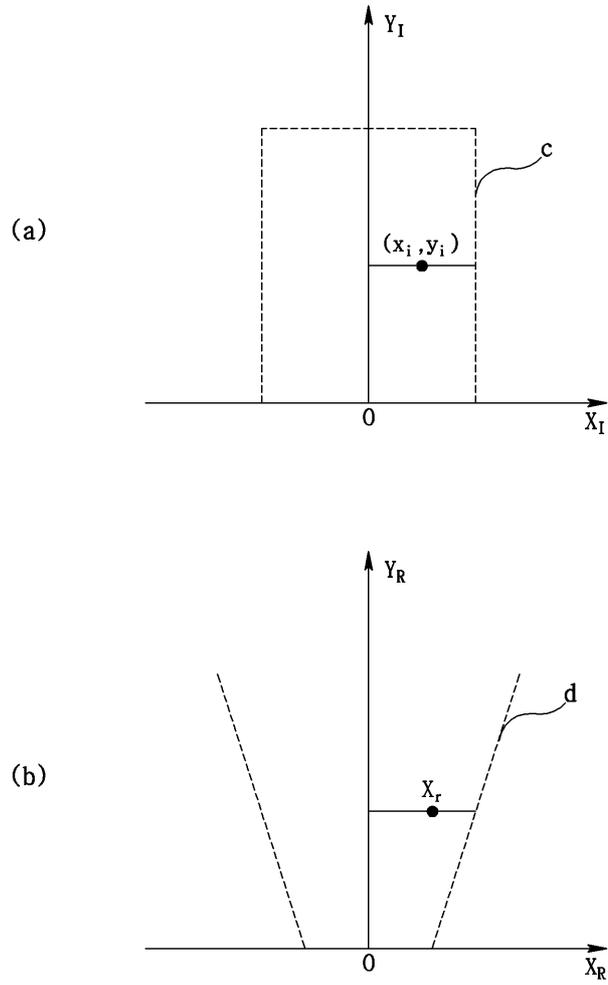
도면2



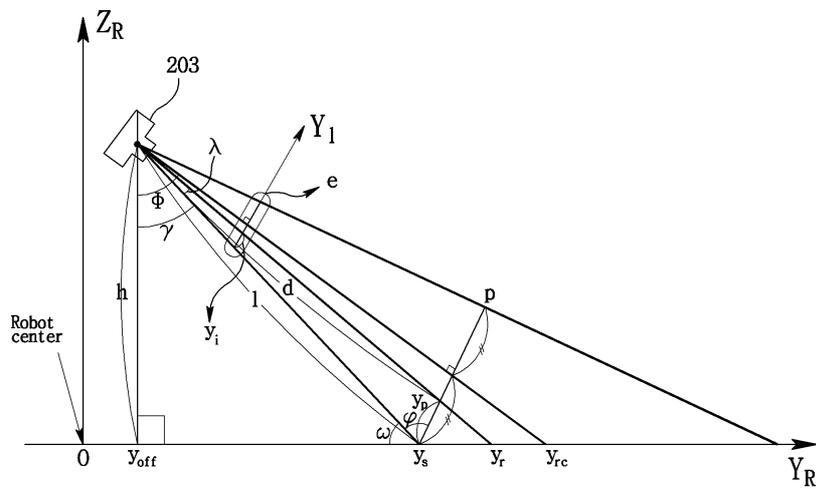
도면3



도면4



도면5



도면6

