



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0010367  
(43) 공개일자 2009년01월30일

(51) Int. Cl.<sup>9</sup>

G01S 13/06 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0073422

(22) 출원일자 2007년07월23일

심사청구일자 2007년07월23일

(71) 출원인

한국전자통신연구원

대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자

이유철

인천 남동구 도림동 633-4

나상익

대전 유성구 가정동 236-1번지 1동 112호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김원준, 장성구

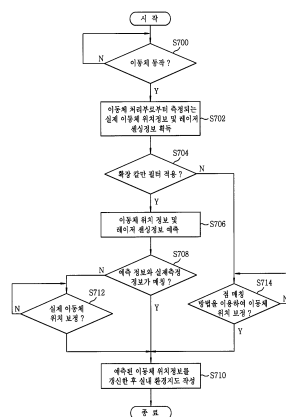
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 실내 환경지도 작성 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 이동체와 레이저 센서 등의 거리측정 센서를 이용하여 실내 환경지도를 신속하게 획득하기 위한 방법에 관한 것이다. 이때 작성되는 지도로는 주위환경을 바둑판 모양으로 여러 격자들로 나눈 후, 격자에 해당하는 위치에 물체가 존재할 확률값을 부여하는 격자지도이다. 이를 작성하기 위해 기본적으로 물체 위치 측정 장치로는 레이저 센서 등의 거리측정 센서를 사용하였으며, 운송수단으로는 인코더가 장착된 이동체를 사용하였다. 거리측정 센서와 이동체에서 제공된 정보를 활용하여 보다 신속하고 정확하게 실내지도를 작성하는 기술을 본 발명에서 제안하고자 한다.

대표도 - 도7



(72) 발명자  
**유원필**  
울산 남구 신정동 현대문수로아이파크아파트 205동  
701호

**한규서**  
대전 서구 둔산동 1412 센티온빌 1204호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업  
과제고유번호 2005-S-033-03  
부처명 정보통신부  
연구사업명 IT신성장동력핵심기술개발사업  
연구과제명 URC를 위한 내장형 컴포넌트 기술개발 및 표준화  
주관기관 한국전자통신연구원  
연구기간 2004.02.01~2008.01.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

주위 환경 정보를 획득하는 센싱부와, 다수 휠의 회전 정보를 획득하는 인코딩부가 각각 장착되는 이동체를 이용하여 상기 센싱부의 거리값 정보 및 상기 인코딩부의 위치 정보를 통합 운영하는 실내 환경지도 작성 방법으로서,

상기 이동체가 동작하면 상기 인코딩부에 의해 상기 이동체의 위치 정보를 생성하는 단계와,

상기 이동체의 센싱부에 의해 상기 센싱부로부터 주위 물체까지의 거리값 정보를 생성하는 단계와,

상기 생성되는 위치 정보 및 거리값 정보를 획득한 후 상기 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보를 예측하는 단계와,

상기 예측되는 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보와 상기 이동체의 실제 측정 정보가 매칭되는지를 판단하는 단계와,

상기 예측되는 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보와 상기 이동체의 실제 측정 정보가 매칭되면 상기 예측되는 이동체의 위치 정보를 갱신한 후 실내 환경지도를 작성하는 단계

를 포함하는 실내 환경지도 작성 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 생성되는 위치 정보 및 거리값 정보를 변환 및 동기화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보의 예측은 확장칼만필터 알고리즘을 적용한 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 센싱 정보의 예측은 상기 센싱부의  $i$ 번째 정보의 측정값을 예측하는 것으로,

상기 센싱부의  $i$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 예측 탐지 위치는,

수학식  $T(k) = \{(x_n(k), y_n(k))\}$  로 정의되며,

상기  $T(k)$ 는 상기 센싱부의  $i$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 위치, 상기  $x_n(k)$ 는 상기 센싱부의  $i$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 전역좌표계에서의 물체의  $x$ 축 위치, 상기  $y_n(k)$ 는 전역좌표계에서의  $y$ 축 위치인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 센싱부가  $i$ 번째 빔을 발사한 경우, 가장 가까운 물체가 존재할 예측 탐지 격자의 측정 모델은,

수학식  $h_i(X(k), T(k)) = \sqrt{(x_s(k) - x_n(k))^2 + (y_s(k) - y_n(k))^2}$  로 정의되며,

상기  $h_i(X(k), T(k))$ 는 상기 센싱부의  $i$ 번째 빔의 예측 거리값, 상기  $x_s(k)$ 는 전역좌표계에서 상기 센싱부의  $x$  위치, 상기  $y_s(k)$ 는 전역좌표계에서 상기 센싱부의  $y$  위치, 상기  $x_n(k)$ 는 예측된 물체의 전역좌표계에서의  $x$  축 위치, 상기  $y_n(k)$ 는 예측된 물체의 전역좌표계에서의  $y$  축 위치인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 측정 모델을 이용하여 예측되는 상기  $i$ 번째 정보의 예측값은,

수학식 
$$\hat{z}_i(k+1|k) = h_i(\hat{X}(k+1|k), T(k+1))$$
 로 정의되며,

상기  $\hat{z}_i(k+1|k)$ 는  $k+1$ 번째 예측된 이동체의 위치에서 상기 센싱부의  $i$ 번째 빔의 예측 거리값, 상기  $\hat{X}(k+1|k)$ 는  $k$ 번째 이동체의 위치에서 예측한  $k+1$ 번째 이동체의 위치값, 상기  $T(k+1)$ 는 예측된  $k+1$ 번째 이동체의 위치에서 상기 센싱부의  $i$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 위치값인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 실내 환경지도를 작성하는 단계는,

$k$  스텝에서의 상기 센싱부의 센싱 정보를 통해 작성된 지도와  $k+1$  스텝에서의 상기 센싱부의 센싱 정보를 통해 작성된 지도간의 매칭되는 두 점을 이용하여 상기  $k$  스텝 및  $k+1$  스텝에서 작성된 지도를 결합시켜 환경지도를 작성하는 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기  $k$  스텝에서 매칭되는 두 점이  $(x_k, y_k)$ 와  $(x'_k, y'_k)$  이고, 상기  $k+1$  스텝에서 매칭되는 두 점이  $(x_{k+1}, y_{k+1})$ 와  $(x'_{k+1}, y'_{k+1})$  인 경우, 상기  $k$  스텝의 이동체 위치  $([X_k, Y_k, \theta_k])$ 로부터 상기  $k+1$  스텝의 이동체 위치는,

수학식 
$$X_{k+1} = X_k + (x_{k+1} - x_k)$$
,

수학식 
$$Y_{k+1} = Y_k + (y_{k+1} - y_k)$$
,

수학식 
$$\theta_{k+1} = \theta_k + (\tan^{-1} \frac{y'_{k+1} - y_{k+1}}{x'_{k+1} - x_{k+1}} - \tan^{-1} \frac{y'_k - y_k}{x'_k - x_k})$$
 로부터 구해지며,

상기  $(x_k, y_k)$  및  $(x'_k, y'_k)$ 은  $k$ 번째 이동체의 센싱 정보값 중의 두 점의 위치, 상기  $(x_{k+1}, y_{k+1})$  및  $(x'_{k+1}, y'_{k+1})$ 은  $(x_k, y_k)$  및  $(x'_k, y'_k)$ 과 매칭되는  $k+1$ 번째 이동체의 센싱 정보값, 상기  $(X_k, Y_k, \theta_k)$ 는 상기  $k$  스텝에서의 이동체의 위치, 상기  $(X_{k+1}, Y_{k+1}, \theta_{k+1})$ 은  $k+1$  스텝에서의 이동체의 위치인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 작성되는 실내 환경지도는, 주위환경을 바둑판 모양으로 여러 격자들로 나눈 후 각 격자에 해당하는 위치에 물체가 존재할 확률값을 부여하는 격자 지도인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 방법.

**청구항 10**

실내에서 이동하는 이동체로부터 획득되는 거리값 정보와 위치 정보를 통합 운영하는 이동체 처리부와,  
 확장칼만필터 알고리즘을 적용하여 상기 이동체의 위치 정보를 예측하는 이동체 위치 정보 예측부와,  
 상기 이동체 위치 정보 예측부를 통해 예측된 이동체의 위치 정보에서 측정모델을 이용하여 상기 이동체의 거리값 정보를 예측하는 센싱 정보 예측부와,  
 상기 센싱 정보 예측부로부터의 예측 측정값과 상기 이동체 처리부로부터의 실제 측정값의 매칭 여부를 검토하여 상기 예측한 값이 유효한지를 판단하는 매칭 여부 판단부와,  
 상기 매칭 여부 판단부를 통해, 상기 예측한 값이 유효한 것으로 판단되면 상기 이동체의 위치 정보를 갱신하는 이동체 위치 정보 갱신부와,  
 상기 이동체 위치 정보 갱신부의 갱신 결과에 따라 환경지도를 작성하는 환경지도 작성부를 포함하는 실내 환경지도 작성 시스템을.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,  
 상기 이동체는,  
 상기 이동체의 소정 위치에 장착되어 주변 환경정보를 획득하는 거리 측정 센서와,  
 상기 이동체의 좌측 휠에 장착되어 상기 이동체가 이동한 거리 및 방향을 산출하는 제 1 인코더와,  
 상기 이동체의 우측 휠에 장착되어 상기 이동체가 이동한 거리 및 방향을 산출하는 제 2 인코더를 포함하는 실내 환경지도 작성 시스템을.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,  
 상기 거리 측정 센서는, 레이저 센서, 초음파 센서, 적외선 센서 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 시스템.

**청구항 13**

제 11 항에 있어서,  
 상기 이동체 처리부는, 상기 거리 측정 센서로부터 획득되는 거리값 정보와, 상기 제 1 인코더 및 제 2 인코더로부터 획득되는 위치 정보를 통합하여 운영하는 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 시스템.

**청구항 14**

제 11 항에 있어서,  
 상기 이동체 처리부는,  
 상기 제 1 인코더 및 제 2 인코더로부터 제공되는 인코딩 정보를 이동체 위치 정보로 변환하는 이동체 위치 정보 변환부와,  
 상기 거리 측정 센서로부터 제공되는 주변 환경 정보를 센싱 정보로 변환하는 센싱 정보 변환부와,  
 상기 이동체 위치 정보 변환부 및 센싱 정보 변환부로부터의 정보를 동기화하는 동기화부를 포함하는 실내 환경지도 작성 시스템.

**청구항 15**

제 10 항에 있어서,

상기 매칭 여부 판단부는, 상기 이동체 처리부의 실제 측정값과 상기 센싱 정보 예측부의 예측 측정값과의 차를 구하여 상기 예측한 값이 유효한지를 판단하는 것을 특징으로 하는 실내 환경지도 작성 시스템.

**청구항 16**

제 10 항에 있어서,

상기 작성되는 실내 환경지도는, 주위환경을 바둑판 모양으로 여러 격자들로 나눈 후 각 격자에 해당하는 위치에 물체가 존재할 확률값을 부여하는 격자 지도인 것을 특징으로 하는 실내 환경 지도 작성 시스템.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

- <1> 본 발명은 실내 환경지도 작성 기술에 관한 것으로, 특히 실내 환경의 구조 및 물체의 위치를 정확하고 신속하게 획득하는데 적합한 실내 환경지도 작성 시스템 및 방법에 관한 것이다.
- <2> 본 발명은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: 2005-S-033-03, 과제명: URC를 위한 내장형 키폰트 기술개발 및 표준화].

**배경기술**

- <3> 문명의 발달과 함께, 도시, 국가, 산악 등 범세계적으로 매우 다양한 축척을 갖는 실외지도가 존재하고 있으며, 위성 및 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 보다 정확하고 세련된 실외지도를 획득하는 등 그 활용범위도 점차 넓어지게 되었다.
- <4> 이와는 대조적으로 공장, 공공시설, 병원, 공항 등에 사용되는 실내지도는 응용분야의 다양성에도 불구하고 현재 실생활에 폭 넓게 사용되지 못하고 있는데, 그 이유는 위성 및 GPS와 같은 장치를 실내에 설치할 수 없기 때문에 정확한 위치추적(정확한 지도정보의 획득)이 불가능하고 그에 따라 실내지도 제작비용이 크게 상승하기 때문이다.
- <5> 한편, 실내 환경과 구조를 정확하게 지도로 표현하는 기술은 그 응용분야가 다양하여 많은 연구와 개발이 진행되어 오고 있다. 특히, 레이저 센서(Laser Sensor)를 이용하여 주위환경의 물체들의 위치를 탐지한 후에 이를 이용하여 환경지도를 작성하는 기술이 주를 이루고 있는데, 이는 레이저 센서가 임의 물체에 대해 매우 짧은 시간 간격으로 정확한 정보를 제공할 수 있기 때문이다.
- <6> 정확한 환경지도를 작성하기 위해서는 레이저 센서를 통해 획득한 위치정보들이 서로 정확한 연관성에 의해 판별되어야 한다. 하지만, 현재 실내 GPS 등 절대 위치를 측정할 수 있는 장치가 없을 경우 레이저 센서를 통해 획득되는 위치정보를 정확히 파악한다는 것은 매우 어려운 일이며, 이를 극복하기 위한 많은 연구 및 개발이 이루어져 왔다.
- <7> 이러한 연구 및 개발의 일환으로 스캔 매칭 알고리즘(Scan matching algorithm)이라는 기술이 학계에서 대표적으로 다루어지고 있다. 스캔 매칭 알고리즘은, 레이저 센서를 탑재한 이동체가 기준 위치에서 다른 위치로 이동하였을 때 발생하는 이동체의 인코더 정보 오차를 레이저 센서 정보 사이의 매칭 관계를 이용하여 극복하고자 한 연구이다.
- <8> 현재 사용되고 있는 스캔 매칭 기법으로 콕스(Cox)가 제안한 논문 ("Blanche-an experiment in guidance and navigation of an autonomous robot vehicle," IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1991)에서는 "Point-to-Line matching" 기법을 소개하고 있으며, 루(Lu)는 논문 ("Robot pose estimation in unknown environments by matching 2D range scans," IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conference (CVPR), 1994)을 통하여 "Point-to-Point matching" 기술을 제안한 바 있다. 또한, 웨이스(Weiss)는 논문("A map based on laser scans without geometric interpretation," In U. R. et al., editor, intelligent

Autonomous Systems, pages 403-407, IOS Press, 1995)에서 "Cross Correlation Function" 기술을 제안한 바 있다.

- <9> 산업계에서도 실내 환경지도 작성기술의 실용성을 생각하여 다방면으로 접근하고 있는데, 그 중에 대표적인 선행특허 "로봇의 환경인식 장치 및 그 제어 방법 (Methods and apparatus for enabling a self-propelled robot to create a map of a work area)" (KR 1997-0033627, US 5896488A1, CN 1161268 A, CN 1055772 B, CN 1161268 C, JP 3217281 B2, JP 1997-174471 A)은 로봇을 이용하여 환경을 인식하며 주위환경을 작성하는 기술을 다루고 있다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- <10> 그런데, 상술한 바와 같은 대부분의 스캔 매칭 기법들은 자동으로 지도를 작성하는 것에만 초점이 맞추어져 있어 실제 사용하지 못하는 예외적인 경우가 많으며, 작성된 지도의 품질 또한 좋지 못한 경우가 발생한다.
- <11> 또한, 로봇의 환경인식 기술에서는, 만일 환경인식이 잘못되거나 실패할 경우에 대한 자세한 보완내용을 갖추고 있지 못하다.
- <12> 이에 본 발명은, 이동체의 위치 정보와 레이저 센싱 정보를 이용하여 신속하게 환경지도를 획득할 수 있는 실내 환경지도 작성 시스템 및 방법을 제안하고자 한다.
- <13> 또한 본 발명은, 기술의 안정성 및 사용자 편의성을 제공함으로써 어떤 환경에서도 실내 환경지도를 정확히 작성할 수 있는 실내 환경지도 작성 시스템 및 방법을 제안하고자 한다.
- <14> 또한 본 발명은, 간단한 DSP 기술을 시스템에 적용하여 위성 및 GPS에 준하는 실내 환경지도를 획득함으로써 시스템 구성비용을 최소화하면서 신속하고 정확하게 실내 구조 및 물체들의 위치를 환경지도로 작성할 수 있는 실내 환경지도 작성 시스템 및 방법을 제안하고자 한다.

**과제 해결수단**

- <15> 본 발명의 과제를 해결하기 위한 일 관점에 따르면, 실내에서 이동하는 이동체로부터 획득되는 거리값 정보와 위치 정보를 통합 운영하는 이동체 처리부와, 확장칼만필터 알고리즘을 적용하여 상기 이동체의 위치 정보를 예측하는 이동체 위치 정보 예측부와, 상기 이동체 위치 정보 예측부를 통해 예측된 이동체의 위치 정보에서 측정 모델을 이용하여 상기 이동체의 거리값 정보를 예측하는 센싱 정보 예측부와, 상기 센싱 정보 예측부로부터의 예측 측정값과 상기 이동체 처리부로부터의 실제 측정값의 매칭 여부를 검토하여 상기 예측한 값이 유효한지를 판단하는 매칭 여부 판단부와, 상기 매칭 여부 판단부를 통해, 상기 예측한 값이 유효한 것으로 판단되면 상기 이동체의 위치 정보를 갱신하는 이동체 위치 정보 갱신부와, 상기 이동체 위치 정보 갱신부의 갱신 결과에 따라 환경지도를 작성하는 환경지도 작성부를 포함하는 실내 환경지도 작성 시스템을 제공한다.
- <16> 본 발명의 과제를 해결하기 위한 다른 관점에 따르면, 주위 환경 정보를 획득하는 센싱부와, 다수 횟의 회전 정보를 획득하는 인코딩부가 각각 장착되는 이동체를 이용하여 상기 센싱부의 거리값 정보 및 상기 인코딩부의 위치 정보를 통합 운영하는 실내 환경지도 작성 방법으로서, 상기 이동체가 동작하면 상기 인코딩부에 의해 상기 이동체의 위치 정보를 생성하는 단계와, 상기 이동체의 센싱부에 의해 상기 레이저 센서로부터 주위 물체까지의 거리값 정보를 생성하는 단계와, 상기 생성되는 위치 정보 및 거리값 정보를 획득한 후 상기 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보를 예측하는 단계와, 상기 예측되는 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보와 상기 이동체의 실제 측정 정보가 매칭되는지를 판단하는 단계와, 상기 예측되는 이동체의 위치 정보 및 센싱 정보와 상기 이동체의 실제 측정 정보가 매칭되면 상기 예측되는 이동체의 위치 정보를 갱신한 후 실내 환경지도를 작성하는 단계를 포함하는 실내 환경지도 작성 방법을 제공한다.

**효 과**

- <17> 본 발명에 의하면, 실내공간, 예를 들어 공공시설, 병원, 공항 등에서 이동체 및 사람이 주위 실내 환경을 인식하기 위한 실내 환경지도를 신속하고 정확하게 작성할 수 있다. 예컨대, 이동로봇 기술에 본 기술이 사용될 경우, 이동로봇에게 주위환경에 대한 정보를 제공하여 줌으로써 최적의 경로계획을 작성하는데 사용될 수 있다. 또한, 공공시설과 같은 여러 기타 실내 공간의 구조 및 특징을 손쉽게 작성하여 실내 공간 길안내 서비스 등에도 활용할 수 있다. 그리고 건설업체가 사용할 경우, 건설된 실내 구조와 건축도면이 일치하는지를 알아보기

위하여 실제 건축물의 구조를 신속하고 정확하게 작성하고 파악하는데 이용될 수도 있다. 이와 같이 실내구조를 필요로 하는 기술에는 어디에나 활용될 수 있다는 점에서, 본 발명이 의미하는 바가 크다고 볼 수 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

<18> 본 발명은 레이저 센서와 이동체를 이용하여 실내에서도 주위환경의 구조 및 물체의 위치를 정확하고 신속하게 작성할 수 있는 것을 특징으로 한다. 본 발명의 핵심은 크게 3가지로 분류될 수 있는데, 첫째가 실내 환경지도를 작성하기 위한 이동체와 레이저 센서의 사용 방법, 둘째가 확장칼만필터(Extended Kalman Filter)를 이용하여 신속하게 환경지도를 획득하는 방법, 셋째가 사용자의 정밀한 지도의 수용에 따른 점 매칭에 의한 환경지도를 작성하는 방법이며, 이러한 기술 사상으로부터 본 발명의 목적으로 하는 바를 용이하게 달성할 수 있을 것이다.

**실시예**

- <19> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명한다.
- <20> 먼저, 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 실내 환경지도 작성 시스템에 적용되는 이동체를 예시한 것이다.
- <21> 도 1에 도시한 바와 같이, 이동체(100)는 레이저 센서(102)와, 제 1 휠(wheel), 제 2 휠, 제 3 휠(104a, 104b, 104c)과, 제 1 인코더(encoder), 제 2 인코더(106a, 106b)를 포함한다.
- <22> 먼저, 레이저 센서(102)는 이동체(100)의 소정 위치에 장착되며, 주변 환경정보를 획득하기 위한 센싱 수단이다. 이때, 본 실시예에서는 설명의 편의를 위해 센싱 수단을 레이저 센서로 한정하였으나, 그 외의 거리 측정 센서, 예를 들면 초음파 센서, 적외선 센서 등도 사용될 수 있음을 주지해야 할 것이며, 이는 후술하는 특허청구범위로부터 보다 명확해 질 것이다.
- <23> 제 1 휠, 제 2 휠, 제 3 휠(104a, 104b, 104c)은 방향에 상관없이 이동체(100)를 자유롭게 이동 가능하게 하는 수단으로, 예를 들면 이동체(100)의 전방 하부에는 제 1 휠(104a) 및 제 2 휠(104b)이 좌/우로 장착되며, 이동체(100)의 후방 하부에는 제 3 휠(104c)이 장착될 수 있다.
- <24> 이때, 제 1 휠(104a)과 제 2 휠(104b)에는 이동체(100)가 이동한 거리 및 방향을 산출할 수 있도록 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)가 장착된다. 즉, 제 1 휠(104a) 및 제 2 휠(104b)이 회전한 정보를 얻기 위해 제 1 휠(104a)에는 제 1 인코더(106a)가, 제 2 휠(104b)에는 제 2 인코더(106b)가 각각 장착된다.
- <25> 레이저 센서(102)를 통해 획득된 레이저 센싱 정보와 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)를 통해 획득된 인코딩 정보는 이동체 처리부에 의해 통합 운영된다. 이에 대해서 도 2를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- <26> 도 2는 본 발명의 일 관점에 따른 실내 환경지도 작성 시스템에 대한 구성 블록도로서, 레이저 센서(102), 제 1 인코더(106a), 제 2 인코더(106b), 이동체 처리부(200), 이동체 위치 정보 예측부(300), 레이저 센싱 정보 예측부(302), 매칭 여부 판단부(304), 이동체 위치 정보 갱신부(306) 및 환경지도 작성부(308)를 포함한다.
- <27> 도 2에 도시한 바와 같이, 이동체 처리부(200)는 레이저 센서(102)로부터 획득된 레이저 센싱 정보, 즉 레이저 센서(102)에 의해 측정된 레이저 센서(102)로부터 주위 물체까지의 거리값 정보와, 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)로부터 획득된 인코딩 정보, 즉 제 1 휠(104a) 및 제 2 휠(104b) 각각에 장착된 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)에 의해 측정된 휠 회전 수 정보들을 통합하여 운영한다.
- <28> 이때, 이동체 처리부(200)에서는 인코딩 정보와 레이저 센싱 정보 간의 측정시간차로 인해 발생할 수 있는 동기화 문제를 고려하여 환경지도 작성에 필요한 정보들을 관리 및 운영하게 된다. 즉, 이동체 처리부(200) 내에는 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)로부터 제공되는 인코딩 정보를 이동체 위치 정보로 변환하는 이동체 위치 정보 변환부(202)와, 레이저 센서(102)로부터 제공되는 주변 환경 정보를 레이저 센싱 정보로 변환하는 레이저 센싱 정보 변환부(204)와, 이들 이동체 위치 정보 변환부(202) 및 레이저 센싱 정보 변환부(204)로부터의 정보를 동기화하는 동기화부(206)가 구비되며, 상기 동기화부(206)에 의해 인코딩 정보와 레이저 센싱 정보가 서로 동기화되어 출력된다.
- <29> 한편, 이동체(100)의 인코더 정보만을 가지고 주위환경지도를 작성할 경우, 바퀴의 미끄러짐 등과 같은 이유로 이동체(100)의 위치 정보에 오차가 발생할 수 있다. 이렇게 오차가 발생한 이동체(100)의 위치 정보를 그대로 사용할 경우, 정확한 환경지도를 작성할 수 없게 된다.

- <30> 따라서 발생한 오차를 보정하기 위한 수단이 필요한데, 본 실시예에서는 레이저 센서(102)에 기반한 「확장칼만 필터 알고리즘」을 이용하여 오차가 발생한 이동체의 위치를 보정하여 신속하게 환경지도를 작성하는 방법을 제안하고자 한다.
- <31> 도 2의 이동체 위치 정보 예측부(300)는 상기 확장칼만필터 알고리즘을 적용한 이동체 위치 정보 예측 수단이다.
- <32> 확장칼만필터를 사용하기 위해서는 이동체(100)의 휠에 대한 인코딩 정보를 이용한 이동체(100)의 위치를 예측하는 과정이 필요하며, 이를 도 3에 예시하였다.
- <33> 도 3에 예시한 바와 같이, 위치 예측을 위한 첫 단계는 전 스텝 이동체 위치 정보로부터 다음 스텝의 이동체의 위치를 예측하는 것이다. 우선 2차원 평면에서  $k+1$  번째 이동체의 위치는 다음 [수학식 1]과 같이 표현될 수 있다.

**수학식 1**

<34> 
$$X(k) = [x(k), y(k), \theta(k)]^T$$

<35> 그리고  $k+1$  번째 이동체의 위치를 예측하는 과정에서 이동체가 얼마나 이동했는지를 알기 위해서는 인코더(106a)(106b)로부터의 제어 정보가 필요하다. 이러한 제어 정보는 다음 [수학식 2]와 같이 이동한 거리  $d(k)$  와 회전한 각도  $\Delta\theta(k)$ 로 구성된다.

**수학식 2**

<36> 
$$U(k) = [d(k), \Delta\theta(k)]^T$$

<37> 이를 이용하여 도 3과 같이 이동체가 이동하는 기구학적 특성으로부터  $k+1$  번째의 이동체 위치를 예측할 수 있다.  $k$  스텝의 이동체 위치에서 제어입력  $U(k)$  을 받아 이동체가  $\Delta\theta(k)$ 만큼 회전한 후  $d(k)$  만큼 이동하였다고 했을 때  $k+1$  번째의 이동체 위치는 다음 [수학식 3]과 같이 정의할 수 있다.

**수학식 3**

<38> 
$$X(k+1) = f(X(k), U(k)) + v(k) \quad , \quad v(k) \sim N(0, Q(k))$$

<39> 여기서  $f(X(k), U(k))$  는 이동체(100)의 기구학적인 모델로서, 다음 [수학식 4]와 같이 표현할 수 있다. 또한,  $v(k)$  는 추측항법(dead reckoning)의 위치오차를 표현해 주는 것으로서, 평균이 0이고 공분산이  $Q(k)$  인 가우시안 노이즈(zeron mean Gaussian noise)로 표현된다.

**수학식 4**

<40> 
$$f(X(k), U(k)) = \begin{pmatrix} x(k) + d(k) \cos \theta(k) \\ y(k) + d(k) \sin \theta(k) \\ \theta(k) + \Delta\theta(k) \end{pmatrix}$$

<41> 바퀴의 바닥 미끄러짐 등에 의한 오차로 인해 실제위치  $x^{(k+1)}$ 는 알 수 없으므로,  $k$ 번째 추정위치  $\hat{x}(k)$  와

제어입력을 통하여 다음 [수학식 5]와 같은 결과를 예측할 수 있을 뿐이다.

**수학식 5**

$$\hat{X}(k+1|k) = f(\hat{X}(k|k), U(k)) = \begin{pmatrix} \hat{x}(k) + d(k) \cos \hat{\theta}(k) \\ \hat{y}(k) + d(k) \sin \hat{\theta}(k) \\ \hat{\theta}(k) + \Delta \theta(k) \end{pmatrix}$$

<42>

<43> [수학식 5]를 통하여 예측한 위치와 [수학식 3]에 정의되어 있는 실제 위치 사이의 오차는 공분산 형태로 표현한다. 이때,  $\hat{X}(k|k)$  는 추정된 값이지만,  $U(k)$  는 실제 제어입력으로 명확한 값이다. 그러므로 [수학식 3]을 추정된 위치  $\hat{X}(k|k)$  에 의한 테일러 전개(Taylor series)를 하였을 때  $k+1$  번째 실제위치는 다음 [수학식 6]과 같다.

**수학식 6**

$$X(k+1|k) = f(\hat{X}(k|k), U(k)) + \frac{\partial f}{\partial X} [X(k) - \hat{X}(k|k)] + \text{highorder term} + v(k)$$

<44>

<45> [수학식 6]을 1차항 이외의 고차항을 무시하고 선형화하면 다음 [수학식 7]과 같다.

**수학식 7**

$$X(k+1|k) = f(\hat{X}(k|k), U(k)) + \nabla f \cdot [X(k) - \hat{X}(k|k)] + v(k)$$

<46>

<47> [수학식 7]에서  $\nabla f$  는 [수학식 5]의 자코비언 행렬로 다음 [수학식 8]과 같다.

**수학식 8**

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} & \frac{\partial f_1}{\partial \theta} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} & \frac{\partial f_2}{\partial \theta} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x} & \frac{\partial f_3}{\partial y} & \frac{\partial f_3}{\partial \theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -d(k) \sin(\hat{\theta}(k)) \\ 0 & 1 & d(k) \cos(\hat{\theta}(k)) \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

<48>

<49> [수학식 7]에 선형화된 실제위치 값과 [수학식 5]의 추정된 값을 빼면 위치 추정 오차  $\tilde{X}(k+1|k)$  을 다음 [수학식 9]와 같이 구할 수 있다.

**수학식 9**

$$\begin{aligned} \tilde{X}(k+1|k) &= X(k+1|k) - \hat{X}(k+1|k) \\ &= \nabla f \cdot [X(k) - \hat{X}(k|k)] + v(k) = \nabla f \cdot \tilde{X}(k|k) + v(k) \end{aligned}$$

<50>

<51> [수학식 9]의 예측한 위치의 오차를 공분산 행렬로 표현하면, 다음 [수학식 10]의  $C(k+1|k)$  과 같다.

**수학식 10**

$$C(k+1|k) = E[\tilde{X}(k+1|k)\tilde{X}^T(k+1|k)] = \nabla f \cdot E[\tilde{X}(k|k)\tilde{X}^T(k|k)] \cdot \nabla f^T + \nabla f \cdot E[\tilde{X}(k|k)v(k)^T] + E[v(k)\tilde{X}^T(k|k)] \cdot \nabla f^T + E[v(k)v(k)^T]$$

<52>

<53> [수학식 10]에서  $E[\ ]$  는 선형 연산자이다. 그리고  $v(k)$  와  $\tilde{X}(k)$  은 서로 상관관계가 없으므로(un-correlated), 처음 항과 마지막 항만이 남게 되어  $C(k+1|k)$ 는 다음 [수학식 11]과 같이 전개된다.

**수학식 11**

$$C(k+1|k) = \nabla f \cdot E[\tilde{X}(k|k)\tilde{X}^T(k|k)] \cdot \nabla f^T + E[v(k)v(k)^T]$$

<54>

<55> [수학식 11]에서  $E[\tilde{X}(k|k)\tilde{X}^T(k|k)]$  은  $k$  번째 위치 오차의 공분산 행렬인  $C(k|k)$ 이며,  $E[v(k)v(k)^T]$  는 추측항법의 위치오차를 표현해주는 공분산 행렬  $Q(k)$  로 정리되어 최종적으로  $C(k+1|k)$ 는 최종적으로 [수학식 12]와 같이 표현될 수 있다.

**수학식 12**

$$C(k+1|k) = \nabla f \cdot C(k|k) \cdot \nabla f^T + Q(k)$$

<56>

<57> [수학식 12]는  $k+1$  번째의 이동체 위치 불확실성은  $k$  번째의 이동체 위치 불확실성이 기하학적으로  $\nabla f \cdot C(k|k) \cdot \nabla f^T$  관계로 진전되며, 제어입력  $d(k)$  및  $\Delta\theta(k)$ 에 의한 불확실성  $Q(k)$  가 더해진다는 물리적 의미를 담고 있다.

<58> 다른 한편, 도 2의 레이저 센싱 정보 예측부(302)는 이동체 보정을 위해 상기 이동체 위치 정보 예측부(300)를 통해 예측된 이동체의 위치에서 측정모델(measurement model)을 이용하여 레이저 센서(102)의 측정값을 예측하는 역할을 한다.

<59> 도 4는 이와 같은 레이저 센싱 정보 예측부(302)의 기능을 설명하기 위한 도면으로서, 레이저 센서(102)의 위치가 이동체(100)의 중심을 기준으로 하는 지역 좌표계  $[x', y', \theta']$  로 정의되어 있다.

<60> 이를 환경지도의 원점을 기준으로 하는 전역 좌표계(global coordinate)로 변환할 수 있으며, 이는 다음 [수학식 13]과 같이 표현된다.

**수학식 13**

$$\begin{bmatrix} x_s(k) \\ y_s(k) \\ \theta_s(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x(k) + x'_s \cos \theta(k) - y'_s \sin \theta(k) \\ y(k) + x'_s \sin \theta(k) + y'_s \cos \theta(k) \\ \theta(k) + \theta'_s \end{bmatrix}$$

<61>

<62> 도 4에서 레이저 센서(102)의  $r$  번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 위치를 도시한 예측 탐지 격자의 위치는 다음 [수학식 14]와 같이 정의될 수 있다.

**수학식 14**

$$T(k) = \{(x_{ri}(k), y_{ri}(k))\}$$

<63>

<64>

[수학식 14]에서  $T(k)$ 는 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 위치를 나타낸 것으로, 여기서  $x_{ri}(k)$ 는 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 전역좌표계에서의 물체의  $x$ 축 위치이고,  $y_{ri}(k)$ 는 전역좌표계에서의  $y$ 축 위치이다.

<65>

이때, 레이저 센서(102)가  $r$ 번째 빔을 발사하였다면, 가장 가까운 물체가 존재할 격자에 의해 발사한 빔을 반사시킬 것이다. 이를 수식으로 표현하면 [수학식 15]와 같으며 이것이 측정모델이다.

**수학식 15**

$$h_i(X(k), T(k)) = \sqrt{(x_s(k) - x_{ri}(k))^2 + (y_s(k) - y_{ri}(k))^2}$$

<66>

<67>

[수학식 15]에서  $h_i(X(k), T(k))$ 는 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 빔의 예측 거리값이다. 여기서,  $x_s(k)$ 는 전역좌표계에서 레이저 센서(102)의  $x$ 위치,  $y_s(k)$ 는 전역좌표계에서 레이저 센서(102)의  $y$ 위치,  $x_{ri}(k)$ 는 예측된 물체의 전역좌표계에서의  $x$ 축 위치,  $y_{ri}(k)$ 는 예측된 물체의 전역좌표계에서의  $y$ 축 위치이다.

<68>

[수학식 15]에 정의된 측정모델을 활용하여, 예측된 이동체의 위치에서 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 정보의 측정값을 다음 [수학식 16]과 같이 예측할 수 있다.

**수학식 16**

$$\hat{z}_i(k+1|k) = h_i(\hat{X}(k+1|k), T(k+1))$$

<69>

<70>

[수학식 16]에서  $\hat{z}_i(k+1|k)$ 는  $k+1$ 번째 예측된 이동체의 위치에서 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 빔의 예측 거리값이다. 여기서,  $\hat{X}(k+1|k)$ 는  $k$ 번째 이동체의 위치에서 예측한  $k+1$ 번째 이동체의 위치이며,  $T(k+1)$ 는 예측된  $k+1$ 번째 이동체의 위치에서 레이저 센서(102)의  $r$ 번째 정보가 탐지할 수 있는 물체의 위치를 나타낸다.

<71>

매칭 여부 판단부(304)는 상기 레이저 센싱 정보 예측부(302)로부터의 예측 측정값([수학식 16])과, 상기 이동체 처리부(200)로부터의 실제 측정값의 매칭 여부를 판단한다. 즉, 매칭 여부 판단부(304)는 본 실시예에 따라 이동체 처리부(200)의 실제 측정값과 레이저 센싱 정보 예측부(302)의 예측 측정값과의 차를 구하여 예측한 값이 유효한지를 판단한다.

<72>

도 4에서 레이저 센서  $r$ 번째 정보의 측정값은 다음 [수학식 17]과 같이 정의할 수 있다.

**수학식 17**

$$z_i(k) = h_i(X(k), T(k)) + w_i(k), \quad w_i(k) \sim N(0, R_i(k))$$

<73>

<74>

[수학식 17]에서  $X(k)$ 는 예측된 이동체의 위치,  $T(k)$ 는 확률격자지도에서 물체가 탐지될 위치,  $h_i$ 는 거리값,  $w_i(k)$ 는 레이저 센서(102)의 오차를 의미하며, 예측된 이동체의 위치  $X(k)$ 에서 레이저 센서의  $r$ 번째 정보가

빔을 발사했을 때, 확률격자지도에서 물체가 탐지될 위치  $T(k)$  에서  $h_i$  의 거리값에 센서의 오차  $w_i(k)$ 가 더해진 값이 거리 측정값이 된다는 것이다. 레이저 센서의  $i$  번째 정보의 측정 오차는  $w_i(k)$ 로서 평균이 0이고 공분산이  $R_i(k)$  인 가우시안 노이즈로 표시된다. 상기 [수학식 17]을 예측된 위치  $\hat{X}(k+1|k)$ 에 적용하였을 때,  $\hat{X}(k+1|k)$ 에 대하여 다음 [수학식 18]과 같이 테일러 전개 될 수 있다.

**수학식 18**

$$z_i(k+1) = h_i(\hat{X}(k+1|k), T(k+1)) + \frac{\partial h_i}{\partial X} [\hat{X}(k+1|k) - X(k+1)] + \text{highorderterm} + w_i(k+1)$$

<75>

<76> [수학식 18]을 1차항 이외의 고차항을 무시하고 선형화하면 다음 [수학식 19]로 표현된다.

**수학식 19**

$$z_i(k+1) = h_i(\hat{X}(k+1|k), T(k+1)) + \nabla h_i \cdot [\hat{X}(k+1|k) - X(k+1)] + w_i(k+1)$$

<77>

<78> [수학식 19]에서  $\nabla h_i$  는 [수학식 5]의 자코비언 행렬로 다음 [수학식 20]과 같다.

**수학식 20**

$$\nabla h_i = \frac{1}{d} \begin{bmatrix} \hat{x}_s - x_n \\ \hat{y}_s - y_n \\ [(x_n - \hat{x}_s)(x'_s \sin \hat{\theta}) + y'_s \cos \hat{\theta} + (y_n - \hat{y}_s)(-x'_s \cos \hat{\theta}) + y'_s \sin \hat{\theta}] \end{bmatrix}^T$$

<79>

<80> [수학식 20]에서  $d$ 는 예측된 센서의 위치에서 가장 가까운 물체가 존재하는 격자의 위치까지의 거리이다.

<81> 예측한 측정값이 유효한지를 판단하기 위하여 [수학식 16]의 예측값과 [수학식 19]의 실제 측정값의 차를 통해 다음 [수학식 21]과 같이 이노베이션(innovation)을 구한다.

**수학식 21**

$$\begin{aligned} z_i(k+1) &= z_i(k+1) - \hat{z}(k+1|k) \\ &= \nabla h_i \cdot [X(k+1|k) - \hat{X}(k+1|k)] + w_i(k+1) \\ &= \nabla h_i \cdot \tilde{X}(k+1|k) + w_i(k+1) \end{aligned}$$

<82>

<83> [수학식 21]에서 얻어지는 이노베이션의 공분산 행렬은 다음 [수학식 22]의  $s_i(k+1)$  과 같다.

**수학식 22**

$$\begin{aligned} s_i(k+1) &= E[z_i(k+1)z_i^T(k+1)] \\ &= \nabla h_i \cdot E[\tilde{X}(k+1|k)\tilde{X}^T(k+1|k)] \cdot \nabla h_i^T + \nabla h_i \cdot E[\tilde{X}(k+1|k)w_i^T(k+1)] \\ &\quad + E[w_i(k+1)\tilde{X}^T(k+1|k)] \cdot \nabla h_i^T + E[w_i(k+1)w_i^T(k+1)] \end{aligned}$$

<84>

<85> [수학식 22]에서  $E[\ ]$ 는 선형 연산자이며  $w_i(k+1)$ 와  $\hat{x}(k+1|k)$ 은 서로 상관관계가 없으므로 처음 항과 마지막 항만이 남게 되어  $s_i(k+1)$ 는 [수학식 23]과 같이 전개된다.

**수학식 23**

<86> 
$$s_i(k+1) = \nabla h_i \cdot E[\hat{X}(k+1|k)\hat{X}^T(k+1|k)] \cdot \nabla h_i^T + E[w_i(k+1)w_i(k+1)^T]$$

<87> [수학식 23]에서  $E[\hat{X}(k+1|k)\hat{X}^T(k+1|k)]$ 은 예측된 이동체 위치의 공분산 행렬인  $C(k+1|k)$ 이며,  $E[w_i(k+1)w_i(k+1)^T]$ 는 레이저 센서(102)의 측정 오차를 표현해주는 공분산 행렬  $R_i(k+1)$ 이므로 다음 [수학식 24]와 같이 정리될 수 있다.

**수학식 24**

<88> 
$$s_i(k+1) = \nabla h_i \cdot C(k+1|k) \cdot \nabla h_i^T + R_i(k+1)$$

<89> [수학식 21] 및 [수학식 24]의 이노베이션과 그 공분산 행렬을 이용하여 예측된 측정값과 실제 측정값이 잘 매칭되었는지를 다음 [수학식 25]를 통해 평가될 수 있다.

**수학식 25**

<90> 
$$\tilde{z}_i(k+1)s_i^{-1}(k+1)\tilde{z}_i^T(k+1) \leq \epsilon^2$$

<91> [수학식 25]에서  $\epsilon$ 는 경계 오차 값으로서 미리 정해주는 매개변수이다. 만일, [수학식 25]를 만족한다면 매칭이 성공적임을 의미한다. 여러 개의 레이저 센서 정보를 동시에 사용하므로, [수학식 25]를 만족하는  $m$ 개의 레이저 센서 정보가 있을 경우 합성이노베이션(composite innovation)은 다음 [수학식 26]과 같다.

**수학식 26**

<92> 
$$Z(k+1) = \begin{bmatrix} z_1(k+1) - \hat{z}_1(k+1|k) \\ \vdots \\ z_n(k+1) - \hat{z}_n(k+1|k) \end{bmatrix}$$

<93> 그리고 레이저 센서(102)의 합성측정모델(composite measurement model)의 자코비언 값 또한 다음 [수학식 27]과 같이 표현된다.

**수학식 27**

<94> 
$$\nabla H = \begin{bmatrix} \nabla h_1 \\ \vdots \\ \nabla h_n \end{bmatrix}$$

<95> 상기 [수학식 27]을 이용하여 다음 [수학식 28]과 같은 합성이노베이션 공분산 행렬을 구할 수 있다.

**수학식 28**

<96> 
$$S(k+1) = \nabla H \cdot C(k+1|k) \cdot \nabla H^T + R(k+1)$$

$$, R(k+1) = \text{diag}\{R_i(k+1) \mid 1 \leq i \leq n\}$$

<97> [수학식 28]에서  $R(k+1)$  은  $m$  개의 레이저 센서 정보에 대한 가우시안 노이즈이다.

<98> 또 다른 한편, 이동체 위치 정보 갱신부(306)는 상기 매칭 여부 판단부(304)를 통해 구해진 합성이노베이션([수학식 26])을 이용하여 이동체 위치 정보를 갱신하는 역할을 한다.

<99> 즉, 이동체 위치 정보 갱신부(306)는 레이저 센서(102)를 이용한 이동체 보정 과정의 마지막 단계를 수행하는 것으로, 앞서 구한 합성이노베이션을 이용하여 최종적으로 이동체의 위치와 그 공분산 행렬을 갱신하는 것이다. 이때, 잘 알려진 칼만이득(Kalman gain)은 다음 [수학식 29]와 같다.

**수학식 29**

$$W(k+1) = C(k+1|k) \nabla H^T S^{-1}(k+1)$$

<100>

<101> [수학식 28]의 합성이노베이션 공분산 행렬과 [수학식 29]의 칼만이득을 이용하여 이동체의 추정된 위치 및 추정된 위치의 공분산은 다음 [수학식 30]과 [수학식 31]을 통해 갱신된다.

**수학식 30**

$$\hat{X}(k+1|k+1) = \hat{X}(k+1|k) + W(k+1)Z(k+1)$$

<102>

**수학식 31**

$$C(k+1|k+1) = C(k+1|k) - W(k+1)S(k+1)W^T(k+1)$$

<103>

<104> 끝으로, 환경지도 작성부(308)는 상기 이동체 위치 정보 갱신부(306)의 이동체 위치 및 공분산 행렬의 갱신 결과에 따라 환경지도를 작성하는 역할을 한다. 즉, 환경지도 작성부(308)는 상기 과정들, 즉 이동체 위치값 예측, 레이저 센서값 예측, 레이저 센서값 매칭 여부 판단, 추정된 이동체 위치 갱신 등의 과정들을 거쳐 이동체의 위치가 보정이 되었다면, 상기 위치 정보 값과 레이저 센서 정보 값을 활용하여 물체의 위치를 외부에 표시하여 주는 것으로 신속한 환경지도를 작성할 수 있다.

<105> 그런데, 만일 위 알고리즘으로 보정이 잘 안된 경우에는 도 5와 같이 이동체의 위치를 레이저 센서 값에 매칭되는 위치로 수동조작으로 이동시킨다. 이 방법을 이용할 경우 신속하면서도 정확하게 이동체의 위치를 보정하면서 환경지도를 작성할 수 있다.

<106> 이동체의 인코더 정보만을 가지고 주위환경지도를 작성할 경우, 휠의 미끄러짐 등과 같은 이유로 이동체의 위치에 오차를 가지게 되며, 이를 보정하기 위한 수단으로 앞서 확장칼만필터 알고리즘을 사용하였다.

<107> 이와 비교하여, 신속하지는 못하지만 더욱 정밀한 지도를 작성하고자 하며 어떠한 장소에서도 환경지도를 작성하기 위한 방법을 제안하고자 한다.

<108> 이 방법은 각 이동체의 위치에서 획득한 레이저 센서를 이용하여 사람이 모든 과정을 수동으로 이동체의 위치를 보정해주는 방법이다.

<109> 도 6을 살펴보면, k 스텝에서 레이저 센서 정보를 통하여 작성된 지도와 k+1 스텝에서 레이저 센서정보를 통하여 작성된 지도 사이에 매칭되는 두 점을 이용하여 두 스텝에서 작성된 지도를 결합시켜 나가면, 최종적으로 정확한 환경지도를 작성시켜 나갈 수 있다.

<110> 이때, k 스텝에서 매칭되는 두 점이  $(x_k, y_k)$  와  $(x'_k, y'_k)$  이고, k+1 스텝에서 매칭되는 두 점이  $(x_{k+1}, y_{k+1})$  와  $(x'_{k+1}, y'_{k+1})$  이라고 하였을 때, k 스텝의 이동체 위치  $([X_k, Y_k, \theta_k])$  로부터 k+1 스텝의 이동체 위치를 아래의 [수학식 32] 내지 [수학식 34]를 이용하여 구할 수 있으며, 이를 이용하여 상기 두 스텝(k 스텝 내지 k+1 스텝)에 걸쳐 작성된 지도를 서로 매칭시켜 정확한 지도를 작성한다.

수학식 32

$$X_{k+1} = X_k + (x_{k+1} - x_k)$$

수학식 33

$$Y_{k+1} = Y_k + (y_{k+1} - y_k)$$

수학식 34

$$\theta_{k+1} = \theta_k + (\tan^{-1} \frac{y'_{k+1} - y_{k+1}}{x'_{k+1} - x_{k+1}} - \tan^{-1} \frac{y'_k - y_k}{x'_k - x_k})$$

상기 [수학식 32], [수학식 33], [수학식 34]는 k+1 스텝의 이동체의 위치를 구하는 수식들로서, 여기서  $(x_k, y_k)$  및  $(x'_k, y'_k)$ 은 k번째 이동체의 레이저 센싱 정보값 중의 두 점의 위치이고,  $(x_{k+1}, y_{k+1})$  및  $(x'_{k+1}, y'_{k+1})$ 은  $(x_k, y_k)$  및  $(x'_k, y'_k)$ 과 매칭되는 k+1번째 이동체의 레이저 센싱 정보값이며,  $X_k, Y_k, \theta_k$ 은 k 스텝에서의 이동체의 위치,  $X_{k+1}, Y_{k+1}, \theta_{k+1}$ 은 k+1 스텝에서의 이동체의 위치를 각각 나타낸다.

이하, 상술한 구성 및 기능들과 함께, 본 발명의 다른 관점에 따른 실내 환경지도 작성 과정을 첨부한 도 7의 흐름도를 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

도 7에 도시한 바와 같이, 이동체(100)가 동작하면 이동체(100)의 각 휠들(104a)(104b)(104c)이 회전하게 되고, 상기 휠들(104a)(104b)(104c) 중 제 1 휠(104a) 및 제 2 휠(104b)에 장착된 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)에 의해 이동체(100)의 위치 정보, 즉 이동체(100)가 이동한 거리 및 방향 정보가 생성된다. 동시에, 이동체(100)의 레이저 센서(102)에 의해 주위 환경정보, 예컨대 레이저 센서(102)로부터 주위 물체까지의 거리값 정보가 생성된다(S700).

이러한 제 1 인코더(106a) 및 제 2 인코더(106b)의 위치 정보와, 레이저 센서(102)의 거리값 정보는 이동체 처리부(200)로 제공되며, 이동체 처리부(200)에서는 정보 변환 및 동기화 과정을 거치게 된다.

매칭 여부 판단부(304)는 이러한 이동체 처리부(200)의 변환 및 동기화된 위치 정보 및 거리값 정보, 즉 실제 이동체 위치 정보를 획득한다(S702).

이후, 확장칼만필터를 적용할 것인지를 판단하고, 확장칼만필터를 사용하여 신속한 지도를 작성할 경우에는, 본 발명에서 제안한 레이저 센서기반 격자지도 위치추정 확장칼만필터 알고리즘을 통하여 이동체(100)의 위치를 보정하고, 보정된 이동체의 위치의 오차가 클 경우 수동 조작을 통한 이동체 위치 보정을 하여 정확하고 신속한 실내환경지도를 작성하는 것이다.

이때, 이동체 위치 정보 예측부(300)는 본 실시예에 따라 이동체 위치 정보를 예측하고, 레이저 센싱 정보 예측부(302)는 이동체의 레이저 센싱 정보를 예측한다(S706). 이러한 이동체 위치 정보 및 레이저 센싱 정보 예측 과정은, 상기 도 3 및 도 4, 그리고 상기 [수학식 1] 내지 [수학식 16]에서 이미 기술한 바 있기 때문에 구체적인 설명은 생략하기로 한다.

이후, 단계(S708)에서는 매칭 여부 판단부(304)를 통해 상기 이동체 위치 정보 예측부(300) 및 레이저 센싱 정보 예측부(302)의 이동체 예측 정보와 상기 이동체 처리부(200)의 실제 측정 정보가 매칭되는지를 판단한다.

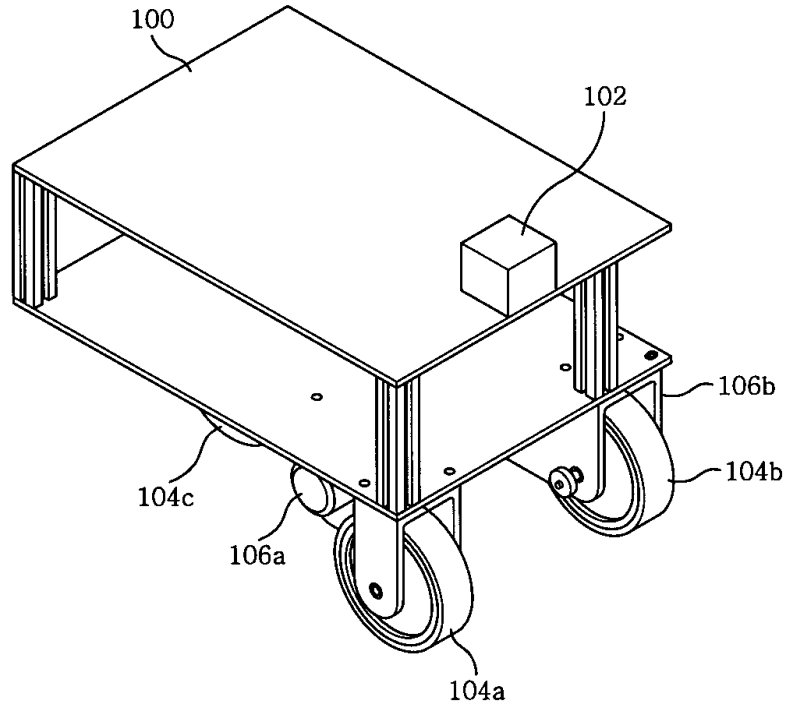
만일, 이동체 예측 정보와 실제 측정 정보가 매칭되면, 단계(S710)로 진행하여 예측된 이동체 위치 정보를 갱신한 후 실내 환경지도를 작성한다. 즉, 상기 예측된 이동체 위치 정보를 이동체 위치 정보 갱신부(306)를 통해 갱신하고, 갱신된 정보를 환경지도 작성부(308)로 제공하여 물체의 위치를 도시하는 실내 환경지도를 작성하도록 한다.

반면, 이동체 예측 정보와 실제 측정 정보가 매칭되지 않으면, 단계(S712)로 진행하여 실제 이동체 위치를 보정하는 과정을 거친다. 즉, 상기 도 5에서 기술한 바와 같이, 레이저 센서 값에 매칭되는 위치로 수동 조작하여 이동체의 위치를 이동시킨다.

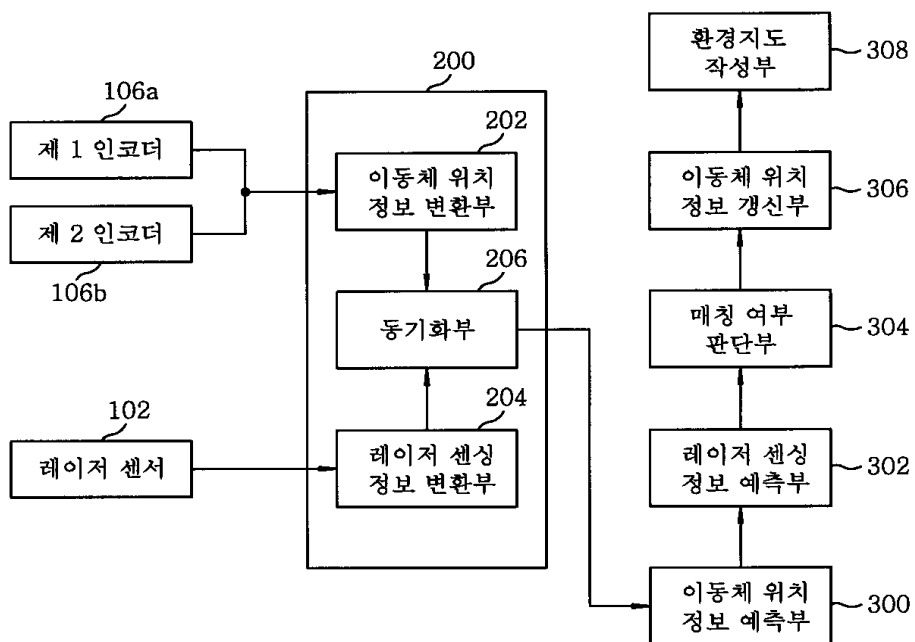


도면

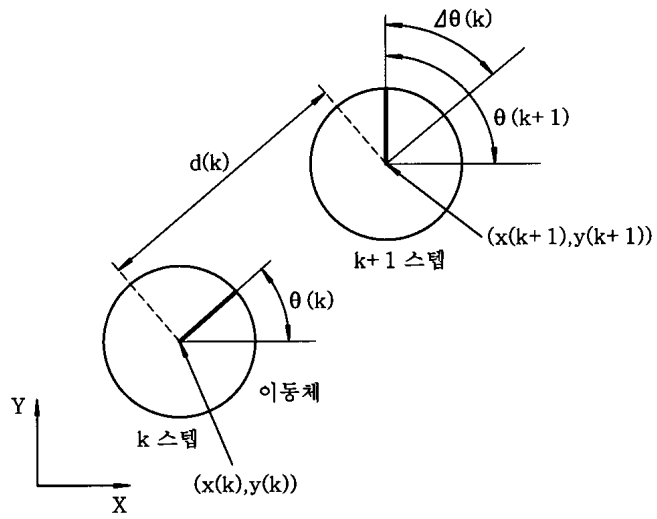
도면1



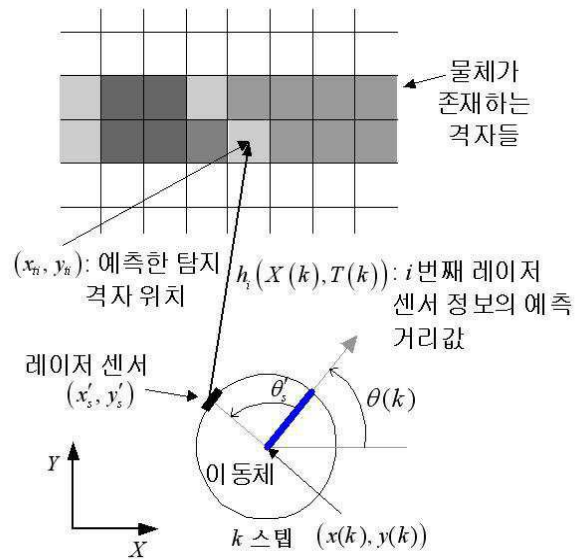
도면2



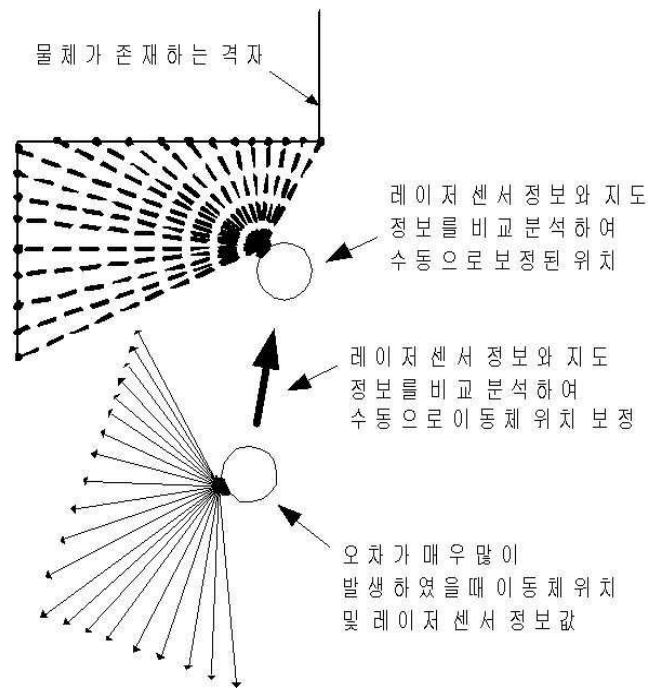
도면3



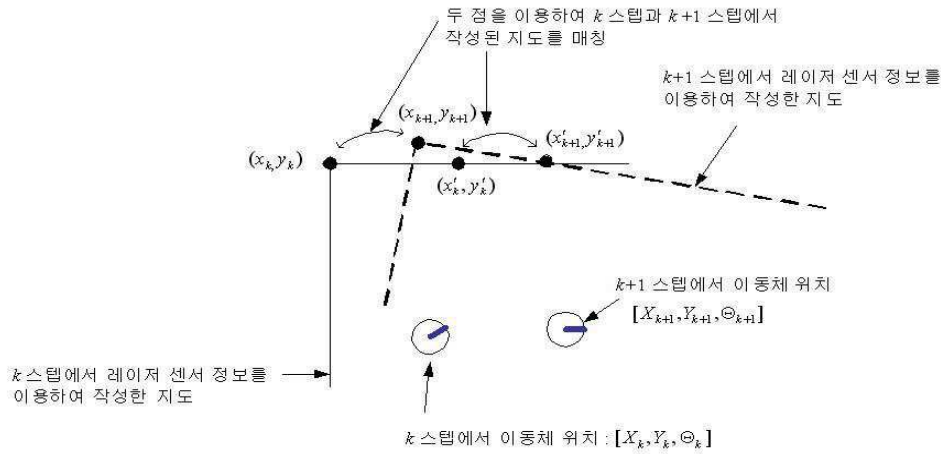
도면4



도면5



도면6



도면7

