



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년04월30일
(11) 등록번호 10-1390776
(24) 등록일자 2014년04월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 13/08 (2006.01) B25J 9/10 (2006.01)
G05D 1/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0027391
(22) 출원일자 2013년03월14일
심사청구일자 2013년03월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR100834761 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
허옥열
서울 구로구 신도림로 78, 308동 1202호 (신도림동, 신도림3차동아아파트)
박중훈
인천 남구 소성로 120, 107동 1204호 (학익동, 동아풍림아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 8 항

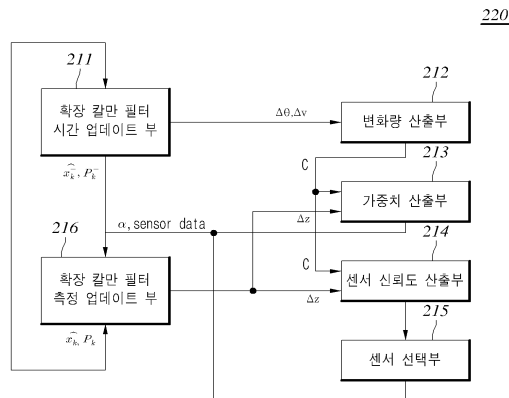
심사관 : 박영근

(54) 발명의 명칭 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치, 방법 및 이동로봇

(57) 요약

퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치, 방법 및 이동로봇을 개시한다. 센서부는 이동로봇의 위치 측정을 하는 하나 또는 하나 이상의 센서를 적어도 하나 포함한다. 제어부는 상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가중치 및 센서 신뢰도를 산출하고, 상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 센서를 선택하며, 상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 것을 특징으로 한다.

대표도



(72) 발명자

박성용

인천 남구 재님이길51번길 45, 나동 102호 (학익동, 영남이트빌)

임정기

서울 송파구 중대로 24, 104동 1301호 (문정동, 올림픽훼밀리타운)

노진홍

인천 남동구 소래역로 94, 1104동 601호 (논현동, 단풍마을휴먼시아11단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-0005564

부처명 교육과학기술부

연구사업명 기초연구사업-중견연구자지원사업-핵심연구지원사업

연구과제명 환경에 강인한 군집로봇의 경로계획 및 대형제어

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2012.04.30 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

이동로봇의 위치 측정을 하는 둘 이상의 센서를 포함하는 센서부; 및

상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출하는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부;

상기 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 상기 이동로봇의 변화량을 산출하는 변화량 산출부;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 가중치를 산출하는 가중치 산출부;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 상기 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출하는 센서 신뢰도 산출부;

상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 상기 센서의 하나를 선택하는 센서 선택부; 및

상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 확장 칼만 필터 측정 업데이트부;를 포함하는 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치 인식 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 센서부는 초음파 센서, 비전(vision) 센서 및 GPS(Global Positioning System) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

퍼지 룰에 따라 상기 산출된 가속도, 각속도, 변화량, 잔여 오차, 센서 신뢰도 및 센서 선택 중 적어도 하나를 산출하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 잔여 오차는 측정 벡터(z_k) 및 측정 후 벡터($\hat{z}_k$)의 차이인 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 이동로봇의 변화량 및 상기 잔여 오차의 크기에 비례하여 상기 센서 신뢰도를 산출하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 잔여 오차가 크고 상기 이동로봇의 변화량이 큰 경우에는, 높은 신뢰도를 갖는 센서를 선택하고,

상기 잔여 오차가 작고 상기 이동로봇의 변화량이 적을 경우에는, 낮은 신뢰도를 갖는 센서를 선택하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치.

청구항 8

이동로봇의 위치 측정을 하는 둘 이상의 센서를 포함하는 센서부; 및

상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출하는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부;

상기 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 상기 이동로봇의 변화량을 산출하는 변화량 산출부;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 가중치를 산출하는 가중치 산출부;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 상기 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출하는 센서 신뢰도 산출부;

상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 상기 센서의 하나를 선택하는 센서 선택부; 및

상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 확장 칼만 필터 측정 업데이트부;를 포함하는 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 이동로봇.

청구항 9

이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출하는 확장 칼만 필터 시간 업데이트 단계;

상기 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 상기 이동로봇의 변화량을 산출하는 변화량 산출 단계;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 가중치를 산출하는 가중치 산출 단계;

상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 상기 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출하는 센서 신뢰도 산출 단계;

상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 센서를 선택하는 센서 선택 단계; 및

상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 확장 칼만 필터 측정 업데이트 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 이동 로봇의 위치인식 관한 것으로서, 보다 상세하게는 퍼지이론을 적용한 확장 칼만필터를 이용하는 위치인식 장치, 방법 및 이동로봇에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 많은 시스템들의 자동화로 인하여 자율주행 로봇과 무인항공기 등의 연구가 활발해짐에 따라 위치추정 알고리즘에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 주변의 환경벡터를 여러 센서들을 통하여 벡터를 얻고, 종합하여 자신의 위치를 알아냄으로써 주어진 임무수행이 가능해진다. 실외 환경에서는 주로 탐사 및 군사 목적으로 많이 사용되며 현재는 자동차를 대신할 무인자동차에서도 많이 사용된다. 실내 환경에서는 주로 방법, 안내, 청소용 로봇으로 사용된다.

[0003] 이와 같은 목적으로 사용되는 경우 실험환경과는 다르게 여러 불확정적인 요소들로 인하여 정확한 벡터의 획득 및 처리가 어려워진다. 따라서 더욱 지능화되고 안전한 시스템을 구성하기 위해 오랜 시간동안 다양한 방법들을 통해 이를 해결하려 했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 퍼지 이론을 적용한 확장 칼만 필터 알고리즘을 이용하여 이동로봇의 상황에 따라 센서를 선별하는데 목적이 있다.

[0005] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적인 과제는 상기 센서의 특성에 따라 가중치를 추가하여 빠르고, 정확한 위치 추정을 하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치는,

[0007] 이동로봇의 위치 측정을 하는 하나 또는 하나 이상의 센서를 포함하는 센서부 및 상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가중치 및 센서 신뢰도를 산출하고, 상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 센서를 선택하며, 상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 제어부를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 센서부는 초음파 센서, 비전(vision) 센서 및 GPS(Global Positioning System) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 제어부는 상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출하는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부, 상기 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 상기 이동로봇의 변화량을 산출하는 변화량 산출부, 상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 가중치를 산출하는 가중치 산출부, 상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 상기 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출하는 센서 신뢰도 산출부, 상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 상기 하나 또는 하나 이상의 센서 중에서 센서를 선택하는 센서 선택부 및 상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 확장 칼만 필터 측정 업데이트부를 포함할 수 있다..

[0010] 상기 제어부는 퍼지 룰에 따라 상기 산출된 가속도, 각속도, 변화량, 잔여 오차, 센서 신뢰도 및 센서 선택 중 적어도 하나를 산출할 수 있다.

[0011] 상기 잔여 오차는 측정 벡터(z_k) 및 측정 후 벡터($\hat{z}_k$)의 차이일 수 있다.

[0012] 상기 제어부는 상기 이동로봇의 변화량 및 상기 잔여 오차의 크기에 비례하여 상기 센서 신뢰도를 산출할 수 있

다.

- [0013] 상기 제어부는 상기 잔여 오차가 크고 상기 이동로봇의 변화량이 큰 경우에는, 높은 신뢰도를 갖는 센서를 선택하고, 상기 잔여 오차가 작고 상기 이동로봇의 변화량이 적을 경우에는, 낮은 신뢰도를 갖는 센서를 선택할 수 있다.
- [0014] 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 이동로봇은,
- [0015] 이동로봇의 위치 측정을 하는 하나 또는 하나 이상의 센서를 포함하는 센서부 및 상기 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가중치 및 센서 신뢰도를 산출하고, 상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 센서를 선택하며, 상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0016] 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 방법은,
- [0017] 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출하는 확장 칼만 필터 시간 업데이트 단계, 상기 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 상기 이동로봇의 변화량을 산출하는 변화량 산출 단계, 상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 가중치를 산출하는 가중치 산출 단계, 상기 산출된 이동로봇의 변화량 및 상기 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 상기 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출하는 센서 신뢰도 산출 단계, 상기 산출된 센서 신뢰도를 기초로 센서를 선택하는 센서 선택 단계 및 상기 선택된 센서가 감지한 데이터 및 상기 산출된 가중치를 기초로 상기 이동로봇 상태를 측정하는 확장 칼만 필터 측정 업데이트 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 퍼지 확장 칼만 필터를 이용한 위치인식 장치, 방법 및 이동로봇에 의하면, 퍼지이론을 적용한 확장 칼만 필터를 이용하여 상황에 따라 알맞은 센서를 선별할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 선택된 센서의 특성에 따라 가중치를 추가하여 빠르고 정확한 위치추정이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 일반적인 확장 칼만 필터를 도시한 구조도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 확장 칼만 필터를 적용한 위치인식 장치를 도시한 구조도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예를 따른 이동로봇의 외형도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예를 따른 제어부내의 구성요소 간의 데이터 흐름을 도시한 예시도이다.
- 도 5(a) 내지 (c)는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 입력 그래프를 도시한 예시도이다.
- 도 6(a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 출력 그래프로 도시한 예시도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 변화량을 도시한 논리도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 가중치를 도시한 논리도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 센서 신뢰도를 도시한 논리도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시예를 따른 센서 신뢰도를 도시한 예시도이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예를 따른 위치인식 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하 본 발명의 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명할 수 있다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 할 수 있다. 또한 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 당 업자에게 자명하거나 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세

한 설명은 생략할 수 있다.

[0022] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본발명을 한정하려는 의도는 아니다. "~ 위치정보" 또는 "~ 벡터" 또는 "~ 데이터" 또는 "~값"을 언급할 때에는 상기 표현들이 서로 동일하게 해석되어야 한다. "퍼지 이론" 및 "퍼지 쿨"을 언급할 때에는 상기 표현들이 서로 동일하게 해석되어야 한다.

[0023] 도 1은 일반적인 확장 칼만 필터를 도시한 구조도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 확장 칼만 필터(100)는 칼만 필터를 확장을 한 필터이다. 확장 칼만 필터(100)는 과거 및 현재 상태뿐만 아니라 미래 상태까지 모델링하는 시스템으로 알려지지 않는 상태를 추정하여 제어할 수 있다.

[0025] 칼만 필터는 1960년 R. E. Kalman이 이산 벡터의 선형필터 문제를 해결하기 위해 제시한 알고리즘으로 외란(disturbance)을 포함한 시스템을 최적으로 추정하는 알고리즘이다. 칼만 필터는 가우시안(Gaussian) 분포 형태의 잡음을 가진 선형 시스템에서 두 개 이상의 벡터를 융합하여 최적의 성능을 추정하는데 이용될 수 있다. 특히, 칼만 필터는 센서들을 융합하는데 많이 이용될 수 있으며, 여러 센서들을 융합하여 보다 나은 결과를 얻기 위해 이용할 수 있다.

[0026] 그러나 칼만 필터는 선형 시스템을 대상으로 개발된 알고리즘으로 비선형 시스템에는 적용하지 못한다. 그래서 비선형 시스템에서 이용이 가능하도록 알고리즘을 확장한 것이 확장 칼만 필터(100)이다.

[0027] 확장 칼만 필터(100)은 <수학식1> 내지 <수학식4>와 같은 비선형 시스템 모델을 고려할 수 있다.

[0028] 특히, <수학식1> 및 <수학식2>는 시스템 모델을 나타내고 있고, <수학식3> 및 <수학식4>는 측정 모델을 나타내고 있다.

수학식 1

[0029]
$$x_k = f(x_{k-1}, u_k) + w_k$$

수학식 2

[0030]
$$w_k \sim N(0, Q)$$

[0031] <수학식1>은 상태 벡터 x_k 를 나타낸 수학식으로, 이전 상태 벡터 x_{k-1} 및 이동로봇 바퀴의 회전값 u_k 를 이용하여 예측한 위치 데이터에 시스템 노이즈 w_k 를 포함한 것을 보여준다. 또한, 상태 벡터 x_k 는 이동로봇의 위치 x, y 및 이동로봇의 방향 θ 를 나타낼 수 있다. 확장 칼만 필터(100)의 노이즈는 백색 노이즈(white noise)로 가정할 수 있다. 여기서, x,y는 각각 평면상의 x축 좌표값 및 y축 좌표값일 수 있다.

[0032] <수학식2>은 평균이 0이고, 표준편차가 Q 인 가우시안 정규분포를 따르는 w_k 를 나타낸 수학식이다.

수학식 3

[0033]
$$z_k = h(x_k) + v_k$$

수학식 4

$$v_k \sim N(0, R)$$

[0034]

[0035] <수학식3>은 측정 벡터 z_k 를 나타낸 수학식으로, 측정벡터가 t=k일 때, 측정벡터 $h(x_k)$ 에 측정 노이즈 v_k 를 포함한 것을 보여준다.

[0036] <수학식4>은 평균이 0이고, 표준편차가 R 인 가우시안 정규분포를 따르는 v_k 를 나타낸 것이다.

[0037] 확장 칼만 필터(100)은 <수학식 5> 내지 <수학식 9>를 통하여 추정값 예측, 오차 공분산 예측, 칼만 이득 산출, 추정값 산출 및 오차 공분산 산출을 보여줄 수 있다.

수학식 5

$$\hat{x}_k^- = f(x_{k-1}, u_k)$$

[0038]

[0039] <수학식 5>은 추정값 예측을 나타내는 수학식으로, 전 상태 벡터 x_{k-1} 및 이동로봇 바퀴의 회전값 u_k 를 이용하여 추정한 위치 벡터 $\hat{x}_k^-$ 를 나타낸다.

수학식 6

$$P_k^- = A_k P_{k-1} A_k^T + Q_{k-1}$$

[0040]

[0041] <수학식 6>은 오차 공분산 예측을 나타내는 수학식으로, P_k^- 는 오차 공분산 예측값이고 $\hat{x}_k^-$ 의 오차 공분산 상태를 나타내며, A_k 시스템 모델식 $f(x_{k-1})$ 를 예측 상태 벡터 $\hat{x}_k^-$ 에 대한 편미분하여 얻은 자코비안 행렬이다. 또한 P_{k-1} 는 t=k-1일 때의 오차 공분산 추정값이고, Q_{k-1} 는 t=k-1일 때의 시스템 노이즈 w_k 의 공분산 행렬(n×n) 대각 행렬을 나타낸다.

수학식 7

$$K_k = P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R_k)^{-1}$$

[0042]

[0043] <수학식 7>은 칼만 이득 산출을 나타내는 수학식으로, K_k 는 칼만 이득으로 칼만 필터에서 측정 벡터 z_k 및 예측값에 통한 데이터와의 가중치를 정한다. H_k 는 시스템 상태 예측값 $\hat{x}_k^-$ 을 통해 측정 데이터를 예측한 상수 행렬이고, R 은 측정 노이즈 v_k 의 공분산 행렬 (m×m)을 나타낸다. 특히, <수학식 7>은 센서의 이득을 정하는 칼만 이득으로 예측값과 측정값의 차이에 칼만 이득 가중치를 정하여 정확한 위치 추정이 가능하도록 할 수 있다.

수학식 8

[0044]

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - h(s^i, \hat{x}_k^-))$$

[0045]

<수학식 8>은 추정값 산출을 나타낸 수학식으로, $\hat{x}_k$ 은 추정값으로서 예측값 $\hat{x}_k^-$ 에 측정값 z_k 및 측정 예측값 $h(s^i, \hat{x}_k^-)$ 을 칼만 이득 K 를 통해 얻은 위치 추정값이고, 측정 예측값 $h(s^i, \hat{x}_k^-)$ 은 예측값 $\hat{x}_k^-$ 및 센서 위치 정보 s^i 를 통해 구한다.

수학식 9

[0046]

$$P_k = P_k^- - K_k H P_k^- \text{ (또는 } P_k = (I - K_k H) P_k^- \text{)}$$

[0047]

<수학식 9>은 오차 공분산 산출을 나타낸 수학식으로, P_k 는 오차 공분산으로서 추정값이 얼마나 정확한지를 나타내는 행렬이고, I 는 대각 행렬이 모두 1인 행렬이다.

[0048]

확장 칼만 필터(100)의 구조는 시간 업데이트(110) 및 측정 업데이트(120)로 구분될 수 있다.

[0049]

시간 업데이트(110)에서 이동로봇의 미래 상태를 예측할 수 있고, 미래 오차 공분산을 예측할 수 있다. 이동로봇의 미래 상태는 <수학식 5>를 이용해서 예측될 수 있고, 이동로봇의 미래 오차 공분산은 <수학식 6>을 이용해서 예측될 수 있다.

[0050]

측정 업데이트(120)에서 이동로봇의 칼만 이득 산출을 할 수 있고, 이동로봇의 측정 z_k 및 추정 업데이트를 할 수 있으며, 이동로봇의 오차 공분산을 업데이트할 수 있다. 이동로봇의 칼만 이득은 <수학식 7>을 이용해서 산출될 수 있고, 이동로봇의 측정 z_k 및 추정 업데이트는 <수학식 8>을 이용해서 산출 및 업데이트될 수 있다. 또한 이동로봇의 오차 공분산은 <수학식 9>을 이용하여 업데이트할 수 있다.

[0051]

확장 칼만 필터(100)는 시간 업데이트(100)와 측정 업데이트(120) 간에 피드백 제어의 형태를 사용하여 시스템의 상태를 추정할 수 있다. 확장 칼만 필터(100)는 각 샘플링(Sampling) 시간마다 상태를 추정하고 측정된 벡터를 통해 상태를 업데이트한 결과를 피드백으로 받아들일 수 있다. 결과적으로 확장 칼만 필터는 시간 업데이트 및 측정 업데이트 두 부분으로 나뉘어 예측과 추정을 할 수 있다.

[0052]

도 2는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 확장 칼만 필터를 적용한 위치인식 장치를 도시한 구조도이다.

[0053]

도 2를 참조하면, 위치인식 장치(200)은 퍼지이론을 적용한 확장 칼만 필터이며, 퍼지 확장 칼만 필터라고 말할 수 있다. 위치인식 장치(200)는 센서부(210), 제어부(220) 및 저장부(230) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 위치인식 장치(200)는 이동로봇이 제한된 환경이 아닌 실제 환경에서도 정확하고 신속하게 위치 추정을 할 수 있다. 또한 위치인식 장치(200)는 실시간으로 정확한 위치 추정이 가능하게 하기 위해 여러 센서들 중 하나의 센서를 선택할 수 있다.

[0054]

센서부(210)는 위치 추정을 하는데 필요한 센서를 포함할 수 있다. 센서는 일반적으로 위치 추정에 많이 이용되는 초음파센서, 비전(vision) 센서 및 GPS(Global Positioning System) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 초음파 센서는 빠른 응답속도와 정확성을 제공하지만, 외부환경에 많은 영향을 받을 수 있다. 비전 센서는 정확한 위치 추정 및 이동로봇의 방향각 벡터까지 제공하지만 산출속도가 상대적으로 느려 외부환경에 따른 오차가 발생할 수 있다.

[0055]

센서부(210)는 이동로봇의 상황에 맞는 센서를 제공할 수 있다. 이동로봇의 변화가 클 경우에는 산출속도가 늦

더라도 더 정확한 센서를 제공할 수 있고, 이동로봇의 변화가 작을 경우에는 정확도가 낮더라도 산출이 빠른 센서를 제공할 수 있다.

[0056] 제어부(220)는 퍼지 이론을 적용한 확장 칼만 필터일 수 있다. 제어부(220)는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211), 변화량 산출부(212), 가중치 산출부(213), 센서 신뢰도 산출부(214), 센서 선택부(215) 및 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0057] 제어부(220)는 기본적인 확장 칼만 필터의 시간 업데이트부(211)에서 이동로봇의 가속도(Δv) 및 각속도($\Delta \theta$)를 퍼지 룰에 적용하여 이동로봇의 변화량(C)을 산출할 수 있다. 제어부(220)는 측정 벡터(z_k) 및 측정 후 벡터($\hat{z}_k$)의 차이인 잔여 오차(Δz) 및 이동로봇의 변화량(C)을 이용하여 확장 칼만 필터 파라미터 R, Q에 적용할 가중치(α) 및 필요한 센서를 선택할 수 있다. 또한 제어부(220)는 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)에 가중치(α) 및 선택된 센서를 입력으로 하여 $\hat{x}_k$, P_k 를 구할 수 있다.

[0058] 저장부(230)는 제어부(220)가 산출한 상태 벡터(x_k), 가속도(Δv), 각속도($\Delta \theta$), 이동로봇의 변화량(C), 가중치(α), 잔여 오차(Δz), 센서 신뢰도(r) 및 선택된 센서의 정보 중 적어도 하나를 저장할 수 있다. 저장부(230)는 새로운 정보가 산출되어 들어오면 기존의 정보에 업데이트를 할 수 있다. 또한 저장부(230)는 실제 환경에 대한 장애물 및 위치 정보를 저장할 수 있다.

[0059] 도 3은 본 발명의 일 실시예를 따른 이동로봇의 외형도이다.

[0060] 도 3을 참조하면, 이동로봇(300)은 센서를 통해 이동로봇의 위치 인식을 수행할 수 있다. 상기 센서는 이동로봇의 위치를 측정할 수 있다. 또한 이동로봇(300)은 실제 환경에서도 위치 인식이 가능하기 위해 바닥면의 상태에 따라 바퀴가 미끄러지거나 헛바퀴가 돌지 않게 마찰력이 큰 바퀴를 사용할 수 있다.

[0061] 이동로봇(300)은 센서부(210), 제어부(220) 및 저장부(230)를 포함할 수 있다.

[0062] 센서부(210)는 이동로봇(300)의 상단 머리 전면에 수평면선과 평행하게 설치될 수 있다. 센서부(210)는 이동로봇(300)이 이동하는 상황을 측정할 수 있고, 이동로봇(300)은 여러 센서들 중 현재 이동 상황에 맞는 센서를 이용할 수 있다. 또한 센서부(210)는 위치 인식을 위해 초음파 센서, 비전 센서 및 GPS를 포함할 수 있다.

[0063] 제어부(220)는 이동로봇(300)의 내부에 설치될 수 있다. 제어부(220)는 퍼지이론을 적용한 확장 칼만 필터를 이용하여 이동로봇(300)의 위치를 예측 및 측정할 수 있다. 제어부(220)는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211), 변화량 산출부(212), 가중치 산출부(213), 센서 신뢰도 산출부(214), 센서 선택부(215) 및 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 제어부(220)는 이동로봇(300)을 실시간으로 현재 상황을 파악하여 이동로봇(300)의 변화량, 가중치, 센서 신뢰도를 산출할 수 있다. 또한 제어부(220)는 현재 시점에 알맞은 센서를 선택할 수 있고, 선택된 센서와 산출된 가중치를 이용하여 정확한 위치 인식을 할 수 있다.

[0064] 저장부(230)는 이동로봇(300)의 내부에 설치될 수 있다. 저장부(230)는 제어부(220)에서 산출된 정보 및 실제 환경의 장애물 및 위치 정보를 저장할 수 있다.

[0065] 도 4는 본 발명의 일 실시예를 따른 제어부내의 구성요소 간의 데이터 흐름을 도시한 도면이고, 도 5(a) 내지 (c)는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 입력 그래프로 도시한 도면이며, 도 6(a) 및 (b)는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 출력 그래프로 도시한 도면이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 변화량을 도시한 논리도이며, 도 8은 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 가중치를 도시한 논리도이고, 도 9는 본 발명의 일 실시예를 따른 퍼지 이론의 센서 신뢰도를 도시한 논리도이며, 도 10은 본 발명의 일 실시예를 따른 센서 신뢰도를 도시한 예시도이다.

[0066] 도 4 내지 도 10을 참조하면, 제어부(220)는 퍼지 이론을 적용한 퍼지 칼만 필터일 수 있다. 제어부(220)는 이

동로봇의 가속도(Δv) 및 각속도($\Delta \theta$) 그리고 확장 칼만 필터의 잔여 오차(Δz)를 입력으로 하고 그 상관관계에 따라 센서의 신뢰도(r) 및 가중치(α)를 출력으로 할 수 있다. 잔여 오차(Δz)는 $z_k - \hat{z}_k$ 이다. 제어부(220)는 확장 칼만 필터에서 칼만 이득에 영향을 주는 R_k 및 Q_k 에 각각 퍼지 가중치를 적용할 수 있고, 이동로봇의 현재 상태와 잔여 오차(Δz)에 따라 알맞은 센서를 선택할 수 있다. 또한 제어부(220)는 상기 선택된 센서 및 가중치에 따른 R_k 및 Q_k 를 적용하여 알맞은 위치 추정을 할 수 있다.

- [0067] 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 이동로봇의 미래 상태를 예측할 수 있고, 미래 오차 공분산을 예측할 수 있다. 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 이동로봇의 미래 상태를 <수학식 5>를 이용해서 예측될 수 있다. 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 이동로봇의 미래 오차 공분산을 <수학식 6>을 이용해서 예측될 수 있다.
- [0068] 또한 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 저장부(230)에 저장된 현재 이동로봇의 상태 벡터 및 예측된 이동로봇의 상태 벡터를 기초로 가속도 및 각속도를 산출할 수 있다.
- [0069] 변화량 산출부(212)는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)에서 산출된 가속도 및 각속도를 기초로 변화량을 산출할 수 있다.
- [0070] 변화량 산출부(212)는 변화량 산출을 위해 도 5의 퍼지 룰에 이용할 수 있다. 변화량 산출부(212)는 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)에서 산출된 가속도 및 각속도를 퍼지 룰에 적용시킬 수 있다. 도 5(a)는 가속도에 대한 입력값을 나타낸 것이고, 도 5(b)는 각속도에 대한 입력값을 나타낸 것이다.
- [0071] 특히, 퍼지 룰의 구간 기준은 Z는 제로(Zero), S는 작음(Small), M는 중간(Medium) 및 L는 큼(Large) 중 적어도 하나의 구간으로 나눌 수 있다. 또한 퍼지 룰은 수치로도 나눌 수 있다. 일 실시예로 가속도(Δv)는 0 ~ 1로 구간으로 잡을 수 있으며, Z 은 0 ~ 0.1, S 구간은 0.1 ~ 0.4, M 구간은 0.4 ~ 0.8 및 L 구간은 0.8 ~ 1로 구간을 나눌 수 있다. 각 구간은 상황에 맞게 설정될 수 있으며, 각 구간의 간격은 같을 수도 있고, 다를 수도 있다.
- [0072] 변화량 산출부(212)는 퍼지 룰에 적용된 도 7의 논리도에 따라 변화량을 산출할 수 있다. 도 7은 가속도(Δv) 및 각속도($\Delta \theta$)에 따라 Z, S, M, L로 산출된 변화량의 결과값을 보여준다.
- [0073] 가속도가 Z이고 각속도가 Z이면, 변화량(C)은 Z이다. 가속도가 Z이고 각속도가 S이면, 변화량은 S이다. 가속도가 Z이고 각속도가 L이면, 변화량은 M이다. 가속도가 S이고 각속도가 Z이면, 변화량은 S이다. 가속도가 S이고 각속도가 S이면, 변화량은 M이다. 가속도가 S이고 각속도가 L이면, 변화량은 L이다. 가속도가 L이고 각속도가 Z이면, 변화량은 M이다. 가속도가 L이고 각속도가 S이면, 변화량은 L이다. 가속도가 L이고 각속도가 L이면, 변화량은 L이다.
- [0074] 가중치 산출부(213)는 변화량 산출부(212)에서 산출된 변화량(C) 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차(Δz)를 이용하여 이동로봇에 대한 가중치(α)를 산출할 수 있다.
- [0075] 가중치 산출부(213)는 가중치 산출을 위해 도 5 및 도 6의 퍼지 룰에 이용할 수 있다. 가중치 산출부(212)는 변화량 산출부(212)에서 산출된 변화량(C) 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차(Δz)를 퍼지 룰에 적용시킬 수 있다. 도 5(c)는 잔여 오차에 대한 입력값을 나타낸 것이고, 도 6(a)는 가중치에 대한 출력값을 나타낸 것이다.
- [0076] 가중치 산출부(213)는 퍼지 룰에 적용된 도 8의 논리도에 따라 가중치를 산출할 수 있다. 도 8은 잔여 오차 및 변화량에 따라 Z, S, M, L로 산출된 가중치의 결과값을 보여준다.
- [0077] 잔여 오차가 Z이고 변화량이 Z이면, 가중치는 Z이다. 잔여 오차가 Z이고 변화량이 S이면, 가중치는 S이다. 잔여 오차가 Z이고 변화량이 L이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 Z이면, 가중치는 S이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 S이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 L이면, 가중치는 L이다. 잔여 오차가 L이고 변화량이 Z이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 L이고 변화량이 M이면, 가중치는 L이다. 잔여 오차가 L이고

변화량이 L이면, 가중치는 L이다.

[0078] 만약 이동로봇의 변화량이 크고 잔여 오차의 크기가 크면 가중치는 커질 수 있다. 만약 이동로봇의 변화량이 작고 잔여 오차의 크기가 작으면 가중치는 작아질 수 있다.

[0079] 가중치 (α)는 확장 칼만 필터에서 공분산 행렬(covariance matrix)에 <수학식 10>와 같이 가중치를 적용할 수 있다.

수학식 10

[0080]
$$R_k = R\alpha^{-2k}$$

[0081] <수학식 10>은 측정 노이즈 v_k 의 공분산 행렬에 가중치 α 를 적용하여 $\alpha > 1$ 이면 R_k 가 작아지고, $\alpha < 1$ 이면 R_k 가 커진다. 즉, α 의 크기에 따라 측정 노이즈를 적게 또는 많이 설정할 수 있다는 것을 나타낸다.

[0082] 또한 사전 확률변수 P에 가중치를 적용하면, <수학식 11>와 같다.

수학식 11

[0083]
$$P_k^{\alpha-} = P_k^- \alpha^{-2k}$$

[0084] <수학식 11>은 오차 공분산 추정값 P_k^- 에 가중치 α 를 적용하여 $\alpha > 1$ 이면 P_k^- 가 작아지고, $\alpha < 1$ 이면 P_k^- 가 커진다. 즉, α 의 크기에 따라 오차 공분산 노이즈를 적게 또는 많이 설정할 수 있다는 것을 나타낸다.

[0085] 가중치가 적용된 <수학식 10> 및 <수학식 11>을 확장 칼만 필터 공식에 적용하면 <수학식 12>, <수학식 13> 및 <수학식 14>와 같다.

수학식 12

[0086]
$$\begin{aligned} k_k &= P_k^- H_k^T (H_k P_k^- H_k^T + R\alpha^{-2k})^{-1} \\ &= P_k^{\alpha-} H_k^T (H_k P_k^{\alpha-} H_k^T + R/\alpha^2)^{-1} \end{aligned}$$

수학식 13

[0087]
$$P_k^{\alpha-} = (A_k P_{k-1} A_k^T + Q)\alpha^{-2k}$$

수학식 14

[0088]
$$P_k^{\alpha-} = \alpha^2 A_k P_k^{\alpha} A_k^T + Q$$

[0089] <수학식 12>은 칼만 이득의 기본식 <수학식 7>에서 <수학식 10> 및 <수학식 11>을 추가한 수학식으로 R_k , P_k^-

의 변화에 따라 칼만 이득을 변화시켜 최종적으로 측정 벡터 z_k 및 측정 추정값 $h(s^i, \hat{x}_k^-)$ 에 대한 가중치를 변화시킬 수 있다. 또한 <수학식 7>을 통해 칼만 이득이 $K>1$ 이면 측정 벡터를 더욱 신뢰하게 되고, $K<1$ 이면 추정 벡터를 더욱 신뢰하게 된다는 것을 알 수 있다.

- [0090] <수학식 13> 및 <수학식 14>는 <수학식 6>에 <수학식 11>을 적용한 수학식이다.
- [0091] 센서 신뢰도 산출부(214)는 변화량 산출부(212)에서 산출된 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 센서의 신뢰도를 산출할 수 있다.
- [0092] 센서 신뢰도 산출부(213)는 센서 신뢰도를 위해 도 5의 퍼지 룰에 이용할 수 있다. 센서 신뢰도 산출부(214)는 변화량 산출부(212)에서 산출된 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 퍼지 룰에 적용시킬 수 있다. 도 5(c)는 잔여 오차에 대한 입력값을 나타낸 것이고, 도 6(b)는 센서의 신뢰도(r)에 대한 출력값을 나타낸 것이다.
- [0093] 센서 신뢰도 산출부(213)는 퍼지 룰에 적용된 도 9의 논리도에 따라 센서 신뢰도를 산출할 수 있다. 도 9는 잔여 오차 및 변화량에 따라 Z, S, M, L로 산출된 센서 신뢰도의 결과값을 보여준다.
- [0094] 잔여 오차가 Z이고 변화량이 Z이면, 가중치는 Z이다. 잔여 오차가 Z이고 변화량이 S이면, 가중치는 S이다. 잔여 오차가 Z이고 변화량이 L이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 Z이면, 가중치는 S이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 S이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 S이고 변화량이 L이면, 가중치는 L이다. 잔여 오차가 L이고 변화량이 Z이면, 가중치는 M이다. 잔여 오차가 L이고 변화량이 M이면, 가중치는 L이다. 잔여 오차가 L이고 변화량이 L이면, 가중치는 L이다.
- [0095] 만약 이동로봇의 변화량이 크고 잔여 오차의 크기가 크면 가중치는 커질 수 있고, 센서의 신뢰도는 높아질 수 있다. 만약 이동로봇의 변화량이 작고 잔여 오차의 크기가 작으면 가중치는 작아질 수 있고, 센서의 신뢰도는 낮아질 수 있다.
- [0096] 센서 신뢰도의 기준은 도 10에 도시된 것 같이 정확도 또는 산출속도에 따라 구분될 수 있다.
- [0097] 일반적으로 센서는 정확도가 높으면 산출되는 양이 많아지기 때문에, 산출되는 속도가 느려진다. 또한 센서는 정확도가 낮으면 산출되는 양이 적어지기 때문에, 산출되는 속도가 빨라진다. 위치 측정에 많이 사용되는 센서는 초음파 센서, 비전 센서, GPS 등이 있으며, 각각의 장 단점을 가지고 있다. 초음파 센서의 경우 빠른 응답속도와 정확성을 제공하지만, 외부환경에 많은 영향을 받고, 비전 센서의 경우 정확한 위치 추정과 로봇의 방향각 벡터까지 제공하지만 계산속도가 상대적으로 느리며 외부환경에 따른 오차가 발생한다.
- [0098] 센서 선택부(215)는 센서 신뢰도 산출부에서 산출된 센서 신뢰도를 기초로 현재 이동로봇의 상태 및 잔여 오차에 따라 알맞은 센서를 선택할 수 있다.
- [0099] 도 10은 센서 타입을 크게 세 가지 경우로 구분하였다. 센서 타입1(1010)은 산출속도는 빠르지만 정확도가 낮은 센서이고, 센서 타입2(1020)은 산출속도 및 정확도가 중간인 센서이다. 또한 센서 타입3(1030)은 산출속도는 느리지만 정확도가 높은 센서이다. 센서 선택부(215)는 도 10의 센서 타입 중 현재 상황에 가장 적합한 센서를 선택할 수 있다.
- [0100] 도 10은 일 실시예로서 세 가지의 센서 타입으로 구분하였지만 외부 환경 및 상황에 맞게 센서 타입을 더 세밀하게 구분할 수 있다.
- [0101] 또한 센서 선택부(215)는 잔여 오차가 크고 이동로봇의 변화가 클 경우, 산출속도가 늦더라도 더 정확한 센서를 선택할 수 있다. 센서 선택부(215)는 잔여 오차가 작고 로봇의 변화가 적을 경우, 센서의 정확도가 낮더라도 계산이 빠른 센서를 선택하여 빠른 산출 속도를 제공하여 실시간 위치 추정이 가능하도록 할 수 있다.
- [0102] 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 측정 업데이트(120)를 이동로봇의 칼만 이득 산출을 할 수 있고, 이동로봇의 측정 z_k 및 추정 업데이트를 할 수 있으며, 이동로봇의 오차 공분산을 업데이트할 수 있다. 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 이동로봇의 칼만 이득을 <수학식 7>을 이용해서 산출될 수 있다. 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 이동로봇의 측정 z_k 및 추정 업데이트를 <수학식 8>을 이용해서 산출 및 업데이트될

수 있다. 또한 이동로봇의 오차 공분산은 <수학식 9>을 이용하여 업데이트할 수 있다.

- [0103] 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 센서 선택부(215)에서 선택된 센서 및 가중치(α)를 기초로 측정된 벡터를 통해 상태를 업데이트한 결과를 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)에 피드백을 한다. 결국 실시간으로 상황에 맞는 센서가 선택되어 측정이 됨으로써 측정 벡터의 정확도를 높여져서 위치 추정을 정밀하게 할 수 있게 한다.

[0104] 도 11은 본 발명의 일 실시예를 따른 위치인식 방법을 도시한 순서도이다.

[0105] 도 11을 참조하면, 퍼지 확장 칼만 필터를 적용한 위치인식 방법은 이동로봇의 실시간 상황을 판단하여 최적의 위치인식을 추정한다.

[0106] 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 이동로봇의 상태를 예측하고 상기 예측된 이동로봇의 상태를 이용하여 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출한다.(S100). 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)는 업데이트된 정보를 기초로 이동로봇의 가속도 및 각속도를 산출한다.

[0107] 변화량 산출부(212)는 산출된 이동로봇의 가속도 및 각속도를 기초로 이동로봇의 변화량을 산출한다(S110). 변화량 산출부(212)는 퍼지이론을 적용한 가속도 및 각속도를 이용하여 이동로봇의 변화량을 산출할 수 있다.

[0108] 가중치 산출부(214)는 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 이동로봇의 가중치를 산출한다(S120). 가중치 산출부(214)는 퍼지이론을 적용한 변화량 및 잔여 오차를 이용하여 이동로봇의 가중치를 산출할 수 있다.

[0109] 센서 신뢰도 산출부(215)는 산출된 이동로봇의 변화량 및 확장 칼만 필터의 잔여 오차를 기초로 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출한다(S130). 센서 신뢰도 산출부(215)는 퍼지 이론을 적용한 변화량 및 잔여 오차를 이용하여 이동로봇의 센서 신뢰도를 산출할 수 있다.

[0110] 센서 선택부(215)는 산출된 센서 신뢰도를 기초로 이동로봇의 센서를 선택한다(S140). 센서 선택부(215)는 퍼지 이론을 적용한 센서 신뢰도를 이용하여 이동로봇의 센서를 선택할 수 있다.

[0111] 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 선택된 센서가 감지한 데이터 및 산출된 가중치를 기초로 이동로봇 상태를 측정한다(S150). 확장 칼만 필터 측정 업데이트부(216)는 업데이트된 정보를 확장 칼만 필터 시간 업데이트부(211)에 피드백할 수 있다.

[0112] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 장치에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 장치에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

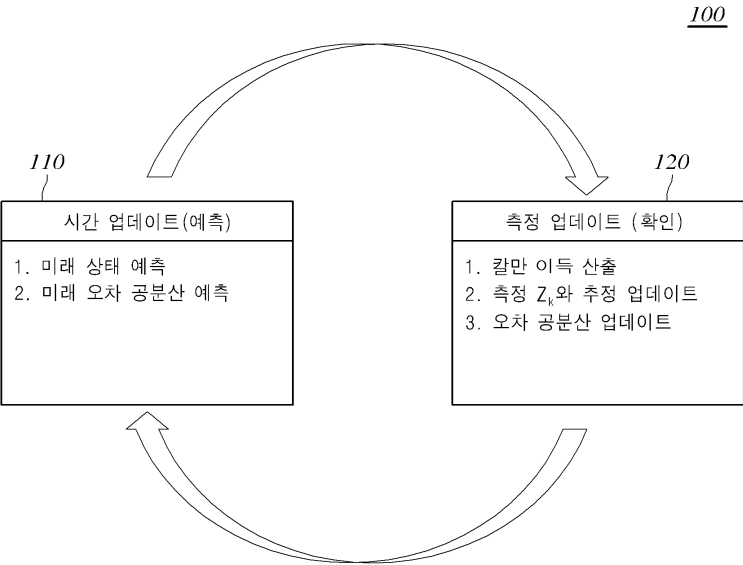
[0113] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

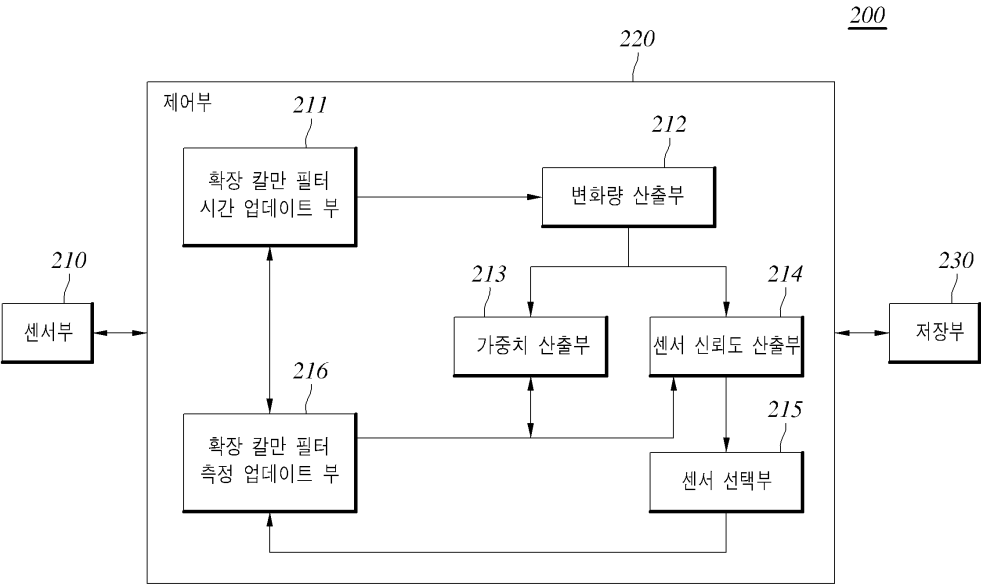
- | | | |
|--------|--------------------|---------------|
| [0114] | 100: 일반적인 확장 칼만 필터 | 200: 위치 인식 장치 |
| | 210: 센서부 | 220: 제어부 |
| | 230: 저장부 | 300: 이동로봇 |

도면

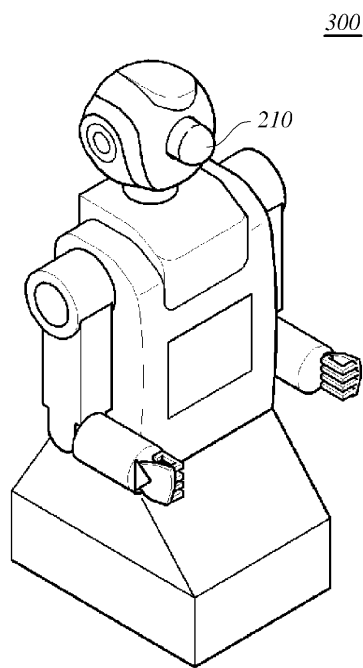
도면1



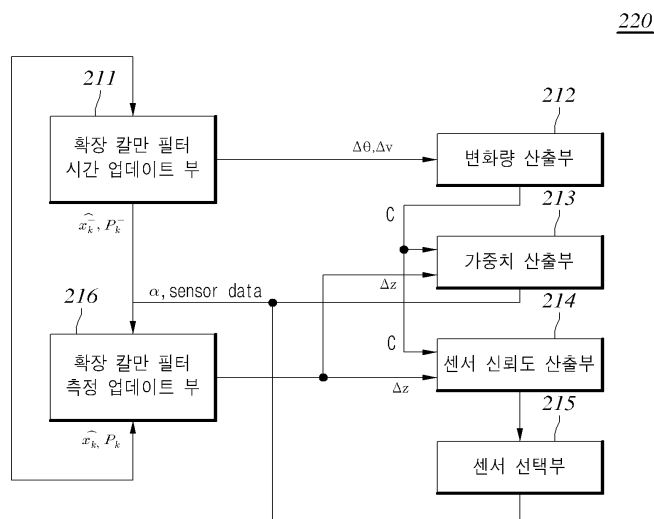
도면2



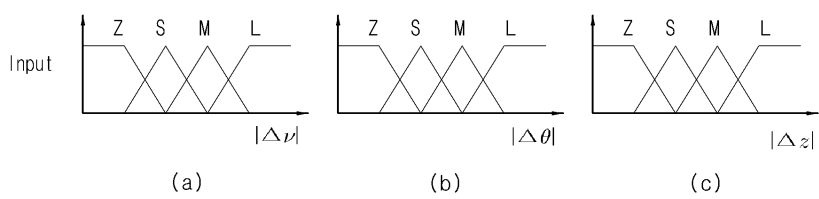
도면3



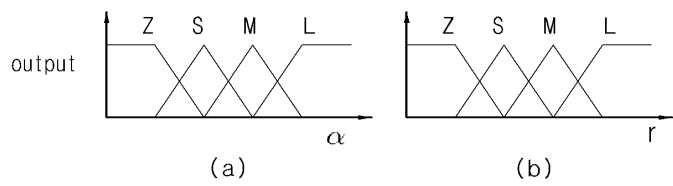
도면4



도면5



도면6



도면7

C	$\Delta\theta$			
	Z	S	M	L
Δv	Z	Z	S	M
	S	S	S	M
	L	L	M	L

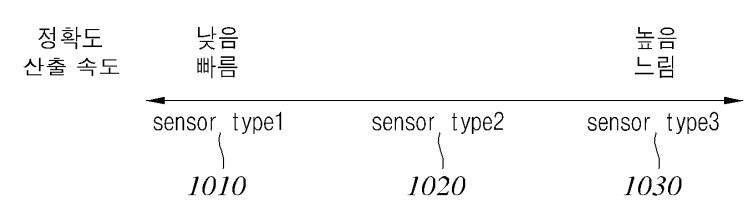
도면8

α	C			
	Z	S	M	L
Δz	Z	Z	S	M
	S	S	S	M
	L	L	M	L

도면9

r	C			
	Z	S	M	L
Δz	Z	S	S	M
	S	S	S	M
	L	L	M	L

도면10



도면11

