



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호

10-2014-0045848

(43) 공개일자

2014년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B25J 13/08 (2006.01)

G05D 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호

10-2012-0112099

(22) 출원일자

2012년10월09일

심사청구일자

2012년10월09일

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

고낙용

광주 남구 봉선로133번길 4, 2동 101호 (봉선동, 금호1차아파트)

김태균

광주 남구 덕림중앙1길 6, (월산동)

노성우

광주 서구 화정로 135, 103동 601호 (화정동, 모아타운아파트)

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

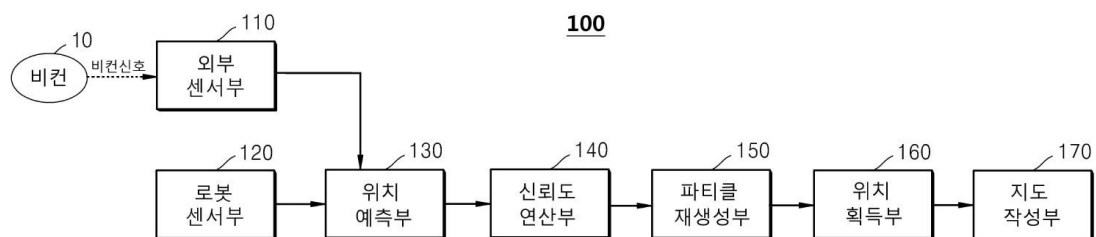
(54) 발명의 명칭 이동로봇의 위치추정과 지도 작성 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 이동로봇과 비컨 위치의 불확실성 및 이동로봇과 비컨 사이에 존재할 수 있는 장애물로 인한 센서 신호의 불확실성까지 함께 고려하여 이동로봇의 위치 및 비컨의 위치를 추정함과 동시에 추정된 이동로봇과 비컨의 위치를 중심으로 외부환경에 대한 지도를 작성하고, 작성된 지도에 장애물도 함께 표현할 수 있는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치 및 방법에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 미지의 환경에서 동작하는 이동로봇과 비컨의 위치를 추정함과 동시에 이동로봇과 비컨의 위치를 중심으로 장애물을 포함하는 외부환경에 대한 지도를 작성함으로써, 격자 지도 방법에 비해 연산량을 줄이는 동시에 간결하게 지도를 표현할 수 있는 효과를 지닌다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345135934

부처명 교육과학기술부

연구사업명 지역기초연구활성화(지역혁신인력양성)

연구과제명 로봇의 자율주행 요소 기술 상용화 및 인력양성

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교

연구기간 2010.07.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득하는 로봇센서부;

다수의 외부 비컨들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨과 이동로봇 간의 거리정보를 획득하는 외부센서부;

상기 속도정보 및 거리정보를 기초로 각 비컨 및 이동로봇의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성하는 위치 예측부;

상기 생성된 제1 파티클에 대하여 신뢰도를 연산하는 신뢰도연산부;

상기 생성된 제1 파티클을 상기 연산된 신뢰도에 따라 재배치하여 제2 파티클을 생성하는 파티클 재생성부;

상기 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 상기 계산된 평균위치로서 각 비컨의 위치 및 이동로봇의 위치를 획득하는 위치획득부; 및

상기 획득한 각 비컨과 이동로봇의 위치 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함하는 지도정보를 생성하는 지도작성부를 포함하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 신뢰도연산부는,

이동로봇과 각 비컨 사이의 거리에 대한 확률분포, 이동로봇과 각 비컨 사이에 존재하는 동적 장애물에 대한 확률분포, 상기 비컨신호의 센싱 실패에 대한 확률분포, 및 반사나 혼선으로 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포를 연산하고, 상기 각 확률분포를 이용하여 상기 제1 파티클의 신뢰도를 연산하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 위치획득부는,

상기 동적 장애물에 대한 확률분포 및 상기 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포로부터 장애물에 대한 위치를 더 획득하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 지도작성부는,

상기 장애물에 대한 위치를 더 포함하는 지도정보를 생성하되, 비컨과 이동로봇의 위치, 이동로봇의 이동경로, 및 장애물의 위치를 공간상에 기하학적으로 표현한 지도정보를 생성하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치.

청구항 5

(a) 이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득하는 단계;

(b) 다수의 외부 비컨들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨과 이동로봇 간의 거리정보를 획득하는 단계;

(c) 상기 속도정보 및 거리정보를 기초로 각 비컨 및 이동로봇의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성하는 단계;

(d) 상기 생성된 제1 파티클에 대하여 신뢰도를 연산하는 단계;

(e) 상기 생성된 제1 파티클을 상기 연산된 신뢰도에 따라 재배치하여 제2 파티클을 생성하는 단계;

(f) 상기 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 상기 계산된 평균위치로서 각 비컨의 위치 및 이동로봇의 위치를 획득하는 단계; 및

(g) 상기 획득한 각 비컨과 이동로봇의 위치 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함하는 지도정보를 생성하는 단계를 포함하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 (d) 단계는,

(d1) 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리에 대한 확률분포를 생성하는 단계;

(d2) 이동로봇과 각 비컨 사이에 존재하는 동적 장애물에 대한 확률분포를 생성하는 단계;

(d3) 상기 비컨신호의 센싱 실패에 대한 확률분포를 생성하는 단계; 및

(d4) 반사나 혼선으로 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포를 생성하는 단계; 및

(d5) 상기 각 확률분포를 이용하여 상기 제1 파티클의 신뢰도를 연산하는 단계를 포함하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 (f) 단계는,

상기 동적 장애물에 대한 확률분포 및 상기 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포로부터 장애물에 대한 위치를 획득하는 단계를 더 포함하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 (g) 단계는,

상기 장애물에 대한 위치를 더 포함하는 지도정보를 생성하되, 비컨과 이동로봇의 위치, 이동로봇의 이동경로, 및 장애물의 위치를 공간상에 기하학적으로 표현한 지도정보를 생성하는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법.

청구항 9

제5항 내지 제8항에 따른 방법을 실현하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 위치 추정을 이용한 이동로봇의 지도 작성 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 파티클 필터(Particle Filter)를 이용하여 이동로봇과 비컨(beacon)의 위치를 동시에 추정하고, 추정된 이동로봇 및 비컨의 위치를 중심으로 이동로봇의 외부환경에 대한 지도를 작성하되 그 작성한 지도에 벽이나 장애물까지도 표현할 수 있는 기하학적 지도를 작성하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 교육과학기술부 및 조선대학교 울대학교 산학협력단의 지역기초연구활성화(지역혁신인력양성) 사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다.

[0003] [과제고유번호: 1345135934, 연구과제명: 로봇의 자율주행 요소 기술 상용화 및 인력양성]

배경기술

[0004] 미지의 환경에 있는 이동로봇이 자율주행을 수행하기 위해서는 주행 환경에 대한 정보를 획득하여 자신의 위치를 추정하면서 목적지까지 이동해야 한다. 이를 위해 이동로봇은 정확한 지도를 작성하는 동시에 이동로봇 스스로 자신의 위치를 추정하는 기술이 필요하다.

[0005] 이러한 기술을 구현하기 위해서는 지도 작성을 위해 이동로봇의 위치를 추정해야 하고, 이동로봇의 위치를 추정하기 위해서는 지도가 정확해야 한다. 하지만 실제 이동로봇이 주행하는 환경에서는 불확실성이 포함된 센서정보를 이용해 지도를 작성하고, 작성된 지도를 이용해 이동로봇 위치를 추정하기 때문에 나쁜 결과를 초래할 수 있다.

[0006] 기존 이동로봇의 위치추정 및 지도작성에 대한 연구는 주로 확률적 접근 방법을 다루고 있다. 이와 같이 확률에 기반한 대표적인 방식으로는 EKF-SLAM, UKF-SLAM과 Fast SLAM 등이 있다.

[0007] EKF-SLAM 방식은 확장 칼만 필터 기반으로 동작하는 SLAM 방식으로서, 비선형 시스템을 선형화하는 과정을 통해 비선형 시스템을 다룰 수 있다. 하지만 특징점들의 수가 많아짐에 따라 계산량이 증가하고, 선형화 과정으로 인해 비선형 시스템과의 선형화 오차가 발생하는 단점을 지니고 있다. UKF-SLAM 방식은 EKF-SLAM 방식의 선형화 오차를 해결하기 위해 제안된 방식이다. 이 방식은 무향 칼만필터에 기반한 것으로 선형화 과정 없이 비선형 시스템을 다루기 때문에 선형화 오차가 발생하지 않는 특징을 지닌다. FastSLAM 방식은 파티클 필터와 확장 칼만 필터를 융합한 방식이다. 이 방법은 파티클 필터 방식에 의해 이동로봇 위치를 예측하고, 확장 칼만 필터에 의해 특징점에 대한 위치를 예측하는 방식이다. 이와 같이 이동로봇과 특징점 위치 추정에 대하여 서로 다른 필터를 적용함으로써 계산의 효율성을 높이는 방법이 제안되었다..

[0008] 한편, 이동로봇의 위치를 알아내기 위한 방법 중 하나인 삼변측량과 파티클 필터 방법을 비교하여 보면, 삼변측량은 3변의 길이로부터 이동로봇의 위치(x, y)를 알아낼 수 있으나 이동로봇의 방향(θ)을 알 수 없고, 지도와 이동로봇 사이에 장애물이 존재할 경우 잘못된 위치를 추정할 수 있다. 반면에, 파티클 필터는 이동로봇의 위치와 방향뿐 아니라 이동로봇의 동작과 센서 신호원들의 불확실성이 고려되어 삼변측량의 문제점을 해결할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 이동로봇과 비컨 위치의 불확실성 및 이동로봇과 비컨 사이에 존재할 수 있는 장애물로 인한 센서 신호의 불확실성까지 함께 고려하여 이동로봇의 위치 및 비컨의 위치를 추정함과 동시에 추정된 이동로봇과 비컨의 위치를 중심으로 외부환경에 대한 지도를 작성하고, 작성된 지도에 장애물도 함께 표현할 수 있는, 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기한 과제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치는, 이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득하는 로봇센서부; 다수의 외부 비컨들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨과 이동로봇 간의 거리정보를 획득하는 외부센서부; 속도정보 및 거리정보를 기초로 각 비컨 및 이동로봇의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성하는 위치예측부; 생성된 제1 파티클에 대하여 신뢰도를 연산하는 신뢰도연산부; 생성된 제1 파티클을 연산된 신뢰도에 따라 재배치하여 제2 파티클을 생성하는 파티클 재생성부; 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 계산된 평균위치로서 각 비컨의 위치 및 이동로봇의 위치를 획득하는 위치획득부; 및 획득한 각 비컨과 이동로봇의 위치 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함하는 지도정보를 생성하는 지도작성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 신뢰도연산부는, 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리에 대한 확률분포, 이동로봇과 각 비컨 사이에 존재하는 동적 장애물에 대한 확률분포, 비컨신호의 센싱 실패에 대한 확률분포, 및 반사나 혼선으로 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포를 연산하고, 각 확률분포를 이용하여 제1 파티클의 신뢰도를 연산할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 위치획득부는, 동적 장애물에 대한 확률분포 및 이동로봇과 각 비컨 사이의 거리가 부정확한 경우에 대한 확률분포로부터 장애물에 대한 위치를 더 획득할 수 있다.

[0013] 바람직하게는, 상기 지도작성부는, 장애물에 대한 위치를 더 포함하는 지도정보를 생성하되, 비컨과 이동로봇의 위치, 이동로봇의 이동경로, 및 장애물의 위치를 공간상에 기하학적으로 표현한 지도정보를 생성할 수 있다.

[0014] 또한, 상기한 과제를 해결하기 위해 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법은, (a) 이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득하는 단계; (b) 다수의 외부 비컨들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨과 이동로봇 간의 거리정보를 획득하는 단계; (c) 속도정보 및 거리정보를 기초로 각 비컨 및 이동로봇의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성하는 단계; (d) 생성된 제1 파티클에 대하여 신뢰도를 연산하는 단계; (e) 생성된 제1 파티클을 연산된 신뢰도에 따라 재배치하여 제2 파티클을 생성하는 단계; (f) 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 계산된 평균위치로서 각 비컨의 위치 및 이동로봇의 위치를 획득하는 단계; 및 (g) 획득한 각 비컨과 이동로봇의 위치 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함하는 지도

정보를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 한편, 상기한 목적을 달성하기 위해서 본 발명은 상기 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법을 실현하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의하면, 미지의 환경에서 동작하는 이동로봇과 비컨의 위치를 추정함과 동시에 이동로봇과 비컨의 위치를 중심으로 장애물을 포함하는 외부환경에 대한 지도를 작성함으로써, 격자 지도 방법에 비해 연산량을 줄이는 동시에 간결하게 지도를 표현할 수 있는 효과를 지닌다.

[0017] 또한 본 발명에 의하면, 로봇의 위치와 방향뿐 아니라 이동로봇의 동작과 센서 신호원인 비컨들의 불확실성까지 고려함으로써, 이동로봇의 방향을 알 수 없는 문제점과 비컨과 이동로봇 사이에 장애물이 존재할 경우 잘못된 위치를 추정하거나 이동로봇의 방향을 알기가 힘든 삼변 측량의 문제점을 해결할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치를 나타낸 도면.

도 2는 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법을 나타낸 흐름도.

도 3은 특징점 위치의 불확실성에 대한 파티클 분포를 표현한 도면.

도 4 내지 도 6은 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 및 기하학적 지도 작성 과정을 실험을 통해 예시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.

[0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다.

[0023] 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0024] 본 발명은 파티클 필터(Particle Filter)를 이용하여 이동로봇과 비컨의 위치를 동시에 추정하고, 비컨과 이동로봇의 위치를 중심으로 지도정보를 작성하고 그 지도정보에 벽이나 장애물까지도 표현할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

[0025] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0026] 도 1은 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치를 나타낸 도면이다.

[0027] 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치(100)는 이동로봇에 장착되는 장치로서, 특징점인 비컨(10)과 이동로봇의 위치를 알지 못하는 환경에서 비컨(10)과 이동로봇의 위치를 추정함과 동시에 지도정보를 생성한다. 또한 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치(100)는 이동로봇 및 외부의 비컨(10) 사

이에 존재하는 장애물까지 고려하여 지도정보를 생성할 수 있다. 여기서, 장애물이란 규칙적으로 존재하는 벽과 같은 영구적 장애물 및 불규칙적으로 존재하는 일시적 장애물을 포함한다.

- [0028] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치(100)는 외부센서부(110), 로봇센서부(120), 위치예측부(130), 신뢰도연산부(140), 파티클재생성부(150), 위치획득부(160) 및 지도작성부(170)를 포함한다.
- [0029] 외부센서부(110)는 외부에 존재하는 다수의 비컨(10)들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보를 획득하는 역할을 수행한다. 이동로봇은 수시로 이동하기 때문에, 이동로봇과 비컨(10)의 위치를 파악하면서 이동로봇의 외부환경을 나타내는 지도정보를 생성하기 위해서는 이동로봇의 이동에 따라 변화하는 외부환경을 계속적으로 감지해야 한다. 이를 위해 외부센서부(110)는 다수의 비컨(10)들이 송신하는 비컨신호를 각 샘플링 시간마다 센싱하여 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보를 획득한다.
- [0030] 비컨(beacon, 10)은 이동로봇의 외부환경 측에 설치된 장치로서, 이동로봇이 지도정보를 작성하는데 있어서 기준점(이하 '특징점'이라고 함)이 된다. 비컨(10)은 외부로 무선신호인 비컨신호를 전송하며, 이동로봇의 외부센서부(110)는 각 비컨(10)이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보를 획득한다.
- [0031] 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치(100)는 이동로봇의 속도정보(회전속도, 직진속도 및 방향) 및 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보를 바탕으로 이동로봇의 위치 및 각 비컨(10)의 위치를 추정하게 된다. 후술하겠지만, 이동로봇의 속도정보로 이동로봇의 위치 변화가 파악될 수 있으므로, 이동로봇의 위치 변화 및 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보의 변화를 분석함으로써 각 비컨에 대한 이동로봇의 위치 및 이동로봇에 대한 각 비컨(10)의 위치가 함께 추정될 수 있다. 한편 비컨(10)이 송신하는 비컨신호로서 초음파신호나 레이저신호뿐만 아니라 적외선신호, RF신호, UWB신호, 및 지그비(Zigbee)신호 등의 무선신호도 이용될 수 있으며, 거리정보를 획득할 수 있는 무선신호면 어느 신호나 이용될 수 있다.
- [0032] 로봇센서부(120)는 이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득하는 역할을 수행한다. 이를 위해 로봇센서부(120)는 이동로봇의 추진부(미도시)와 연결되고, 이동로봇의 자세, 이동방향, 및 이동속도(직진속도 및 회전속도)와 관련된 속도정보를 각 샘플링 시간마다 획득한다. 여기서 추진부란 이동로봇의 자세를 제어하는 자세 제어 장치 및 이동로봇의 이동방향과 이동속도를 제어하는 이동 제어 장치를 모두 의미한다.
- [0033] 외부센서부(110)에서 획득한 거리정보 및 로봇센서부(120)에서 획득한 속도정보는 후술할 위치예측부(130)로 제공된다.
- [0034] 위치예측부(130)는 이동로봇의 속도정보 및 각 비컨(10)과 이동로봇의 거리정보를 기초로 이동로봇 및 각 비컨의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성하는 역할을 수행한다. 물론 위치예측부(130)는 제1 파티클 생성시 이동로봇과 비컨의 예전 추정 위치를 고려하여 이동로봇과 비컨의 현재 위치를 예측한다.
- [0035] 제1 파티클이란 이동로봇 및 각 비컨이 존재할 가능성이 있는 위치와 이동로봇의 방향을 예측한 파티클들의 집합으로서, 제1 파티클은 이동로봇의 위치와 방향에 대해 예측한 정보(x, y, θ)뿐만 아니라 특징점인 각 비컨(10)들의 위치에 대해 예측한 정보($^n m_x, ^n m_y$)도 함께 표현한다.
- [0036] 다시 말해, 제1 파티클은 이동로봇이 존재할 가능성이 있는 위치, 그 위치에서의 이동로봇의 방향, 및 각 비컨(10)이 존재할 가능성이 있는 위치를 예측적으로 표현한다. 여기서, x, y 는 고정좌표계에서의 이동로봇의 위치를 의미하고, θ 는 고정좌표계에서의 이동로봇의 방향을 의미하며, m_x, m_y 는 고정좌표계에서의 비컨(10)의 위치를 의미한다. 비컨(10)은 복수 개가 존재할 수 있으므로, 윗 첨자 n 은 각 비컨(10)의 식별번호를 의미한다.
- [0037] 이처럼 위치예측부(130)는 이동로봇과 비컨의 예전 추정 위치, 이동시의 속도정보, 및 각 비컨(10)까지의 거리정보로부터 각 샘플링 시간별로 제1 파티클을 생성한다. 생성된 제1 파티클은 신뢰도연산부(140)로 제공된다.
- [0038] 신뢰도연산부(140)는 생성된 제1 파티클에 대하여 신뢰도를 연산하는 역할을 수행한다. 신뢰도연산부(140)는 외부센서부(110)에서 획득한 거리정보를 확률변수로 하여 제1 파티클에 대한 신뢰도를 연산하며, 연산된 신뢰도는 파티클재생성부(150)로 제공된다. 즉, 신뢰도연산부(140)는 제1 파티클을 구성하는 각 파티클들에 대한 신뢰도를 각각 연산한다.
- [0039] 파티클재생성부(150)는 신뢰도를 기초로 제1 파티클을 재배치함으로써 제2 파티클을 생성하는 역할을 수행한다. 즉, 파티클재생성부(150)는 각 파티클에 대응하는 신뢰도에 따라 제1 파티클을 구성하는 각 파티클들을 재배치함으로써 재배치된 파티클들의 집합인 제2 파티클을 생성한다.

- [0040] 위치획득부(160)는 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 계산된 평균위치로서 각 비컨(10)의 위치 및 이동로봇의 위치를 획득한다.
- [0041] 또한, 위치획득부(160)는 이동로봇과 비컨(10) 사이에 존재할 수 있는 장애물로 인한 센서 신호의 불확실성을 고려하여 비컨(10)과 이동로봇 사이에 존재할 수 있는 장애물에 대한 위치도 더 획득할 수 있다. 전술한 것처럼, 장애물이란 규칙적으로 존재하는 벽과 같은 영구적 장애물 및 불규칙적으로 존재하는 일시적 장애물을 포함한다.
- [0042] 지도작성부(170)는 획득한 비컨(10)과 이동로봇의 위치를 중심으로 지도정보를 생성한다. 본 발명에서 지도정보란 이동로봇의 외부환경을 나타낸 정보로서, 이동로봇의 현재 위치, 특징점인 각 비컨의 위치, 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함한다. 한편, 지도정보는 각 비컨(10)과 이동로봇의 사이에 존재할 수 있는 장애물의 위치에 대한 정보를 더 포함할 수 있다.
- [0043] 이러한 지도정보는 이동로봇과 각 비컨(10)의 위치, 장애물의 위치, 및 이동로봇의 이동경로가 각각 공간좌표로서 표현된 좌표정보의 집합일 수도 있고, 이러한 공간좌표들을 시각적으로 인지할 수 있도록 평면 또는 입체 공간상에 시각적으로 표현한 기하학적 지도일 수도 있다.
- [0044] 이하에서는 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법을 설명하도록 한다. 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법은 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치에 의해 수행되는 방법으로서 그 기능이 서로 본질적으로 동일하므로, 상세한 설명 및 중복되는 설명은 생략하도록 한다.
- [0045] 도 2는 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법을 나타낸 흐름도이다.
- [0046] 우선, 로봇센서부(120)는 이동로봇의 직진속도, 회전속도, 및 방향을 나타내는 속도정보를 획득한다(S101).
- [0047] 그와 동시에 외부센서부(110)는 외부에 존재하는 다수의 비컨(10)들이 송신하는 비컨신호를 센싱하여 각 비컨(10)과 이동로봇 간의 거리정보를 획득한다(S102).
- [0048] 위치예측부(130)는 속도정보 및 거리정보를 기초로 이동로봇 및 각 비컨(10)의 예측 위치를 나타내는 제1 파티클을 생성한다(S103).
- [0049] 신뢰도연산부(140)는 S102 단계에서 획득한 거리정보를 바탕으로 제1 파티클에 대한 신뢰도를 연산한다(S104). 또한, 신뢰도연산부(140)는 이동로봇의 주변에 존재하는 장애물의 존재 가능성을 고려할 수 있다.
- [0050] 그리고 나서, 파티클재생성부(150)는 연산된 신뢰도를 기초로 제1 파티클을 재배치함으로써 제2 파티클을 생성한다(S105).
- [0051] 위치획득부(160)는 생성된 제2 파티클의 평균위치를 계산하고, 계산된 평균위치로서 각 비컨의 위치 및 이동로봇의 위치를 최종적으로 획득한다(S106).
- [0052] 지도작성부(170)는 획득한 비컨(10)과 이동로봇의 위치를 중심으로 지도정보를 생성한다(S107). 여기서, 지도정보란 이동로봇의 외부환경을 표현한 정보로서, 이동로봇의 현재 위치, 특징점인 각 비컨의 위치, 및 이동로봇의 이동경로에 대한 정보를 포함하며, 또한 각 비컨(10)과 이동로봇의 사이에 존재할 수 있는 장애물의 위치에 대한 정보를 더 포함할 수 있다.
- [0053] 이러한 지도정보는 이동로봇과 각 비컨(10)의 위치, 장애물의 위치, 및 이동경로가 각각 공간좌표로서 표현된 좌표정보의 집합일 수도 있고, 이러한 공간좌표들을 시각적으로 인지할 수 있도록 평면 또는 입체 공간상에 시각적으로 표현한 기하학적 지도일 수도 있다.
- [0054] 이하에서는, 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 장치를 구성하는 각 구성요소의 기능 및 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정과 지도 작성 방법에서의 수행 과정들을 좀 더 상세히 설명하도록 한다.
- [0055] 위치예측부(130)의 위치 예측 과정(S103)은 이동로봇의 속도 명령과 불확실성 파라미터들로 이동로봇의 위치와 각 비컨의 위치를 예측하는 과정이다.
- [0056] 기존 파티클 필터 방식에서는 이동로봇의 위치와 방향에 대한 정보(x, y, θ)만을 예측하였지만, 본 발명의 위치 예측부(130)는 각 비컨의 위치에 대한 정보($^n m_x, ^n m_y$)도 예측할 수 있다.
- [0057] 다음의 [수학식 1]은 이동로봇의 속도정보에 불확실성을 포함시키는 과정이다. 직진속도 v 및 회전속도 w 에 각

각 불확실성이 포함된 직진속도 $\hat{v}$ 와 회전속도 $\hat{w}$, 그리고 로봇의 헤딩에 대한 불확실성 $\hat{\gamma}$ 을 생성한다. 여기서, $sample()$ 함수는 불확실성을 생성하는 함수로서 속도정보에 대한 불확실성 파라미터들인 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ 에 의해 이동로봇에 대한 속도정보의 불확실성이 결정된다.

수학식 1

$$\begin{aligned}\hat{v} &= v + sample(\alpha_1|v| + \alpha_2|w|) \\ \hat{w} &= w + sample(\alpha_3|v| + \alpha_4|w|) \\ \hat{\gamma} &= sample(\alpha_5|v| + \alpha_6|w|)\end{aligned}$$

다음의 [수학식 2]는 [수학식 1]에 의해 불확실성이 포함된 속도정보를 바탕으로 이동로봇의 위치를 예측하는 과정이다. 여기서, x, y, θ 는 시각 $t-1$ 에서 이동로봇의 위치와 방향에 대한 정보를 나타낸다.

수학식 2

$$\begin{aligned}x' &= x - \frac{\hat{v}}{\hat{w}} \sin \theta + \frac{\hat{v}}{\hat{w}} \sin(\theta + \hat{w}\Delta t) \\ y' &= y + \frac{\hat{v}}{\hat{w}} \cos \theta - \frac{\hat{v}}{\hat{w}} \cos(\theta + \hat{w}\Delta t) \\ \theta' &= \theta + \hat{w}\Delta t + \hat{\gamma}\Delta t\end{aligned}$$

다음의 [수학식 3]은 비컨을 의미하는 특징점들에 대한 불확실성을 포함해서 각 특징점을 예측하는 과정이다. 특징점에 대한 불확실성 파라미터 α_7 에 의해 특징점들에 대한 각 파티클의 위치가 예측된다. 여기서, j 는 특징점들의 개수, mx 와 my 는 특징점에 대한 파티클의 위치정보이다.

수학식 3

$$\begin{aligned}{}^j mx' &= {}^j mx + sample(\alpha_7) \\ {}^j my' &= {}^j my + sample(\alpha_7)\end{aligned}$$

다음의 [수학식 4]는 [수학식 1] ~ [수학식 3]의 과정을 거쳐 예측된 하나의 파티클 x_t 를 나타낸 것이다. [수학식 4]와 같이 제안된 파티클 필터 방식을 이용하면, 기존의 이동로봇의 상태정보 뿐만 아니라 특징점에 대한 위치까지 표현된다.

수학식 4

$$\mathbf{x}_t = ({}^r x', {}^r y', {}^r \theta', {}^1 mx', {}^1 my', \dots, {}^N mx', {}^N my')^T$$

직진속도 파라미터 α_1 과 α_2 는 이동로봇의 직진 방향에 대한 파티클의 분포를 결정하게 된다. 이동로봇의 직진 속도 파라미터 α_1 과 α_2 의 값이 작을 때는 파티클은 조밀한 분포도를 형성한다. 그러나, α_1 과 α_2 의 값이 크

면 파티클은 직진방향으로 넓게 분산한다.

[0066] 회전속도 파라미터 α_3 와 α_4 는 로봇의 회전 방향에 대한 파티클의 분포도를 결정한다. α_3 과 α_4 의 값이 작으면 로봇의 회전방향으로 파티클이 조밀하게 분포하고, 파라미터들의 값이 크면 파티클은 넓게 분포한다.

[0067] 도 3은 특징점 위치의 불확실성에 대한 파티클 분포를 표현한 도면이다.

[0068] 도 3을 참조하면, 특징점 파라미터인 α_7 값에 따라 특징점의 불확실 분포 정도가 결정된다. 도 3의 α_7 는 특징점 파라미터 값이 작을 때의 파티클 분포도로서 α_7 의 파라미터 값이 작으면 특징점 파티클은 각 특징점 주변에 조밀하게 분포하고, 파라미터 값이 크면 b 와 같이 파티클이 넓게 분산된다

[0069] 다음으로 신뢰도연산부(140)에서의 신뢰도 연산 과정(S104)을 설명하도록 한다. 본 발명에서의 신뢰도 연산 과정은 위치예측부(130)에서 예측한 각 파티클들에 대하여 외부센서부(110)에서 수신된 거리정보를 바탕으로 신뢰도를 각각 연산하는 과정이다.

[0070] 장애물에 대한 확률분포에 대하여 기존의 P_{short} 대신 P_{long} 을 제시하여 기존의 모델과 차이를 보이고 각각의 확률 분포들과 함께 센서에 대한 신뢰도 연산 과정을 구체화한다.

[0071] 신뢰도 연산 과정은 예측된 제1 파티클에 대하여 추정 신뢰도를 획득하는 과정이다. 신뢰도연산부(140)는 다음의 [수학식 5] ~ [수학식 8]과 같이 가우시안 확률분포 P_{hit} , 지수 확률분포 P_{long} , 센싱 실패 확률분포 P_{max} , 그리고 설명 불가능한 측정 확률분포 P_{rand} 들을 기초로 제1 파티클에 대한 신뢰도를 연산한다.

[0072] 여기서, Z_t^k 는 각 비전(10)과 이동로봇 사이의 거리정보 ($z_t^1, z_t^2, \dots, z_t^n$)를 의미하고, n 은 확률 밀도함수의 정규화 상수를 나타낸다.

수학식 5

$$P_{hit}(z_t^k | x_t) = \begin{cases} \eta N(z_t^k; z_t^{k*}, \sigma^2) & \text{if } 0 \leq z_t^k \leq z_{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$N(z_t^k; z_t^{k*}, \sigma_{hit}^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(z_t^k - z_t^{k*})^2}{2\sigma_{hit}^2}}$$

[0073]

수학식 6

$$P_{long}(z_t^k | x_t) = \begin{cases} \eta \lambda_{long} e^{-\lambda_{long}(Z_{max} - z_t^k)} & \text{if } z_t^{k*} \leq z_t^k \leq z_{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0074]

수학식 7

$$P_{max}(z_t^k | x_t) = I(z = z_{max}) = \begin{cases} 1 & \text{if } z_t^k = z_{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0075]

수학식 8

$$P_{rand}(z_t^k | x_t) = \begin{cases} \frac{1}{z_{max}} & \text{if } 0 \leq z_t^k < z_{max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0076]

[0077] [수학식 5]는 측정 잡음(measurement noise) 확률분포를 나타내며, 가우시안 확률분포로 표현된다. 이는 이동로봇과 외부 비컨(10) 사이의 거리데이터가 제대로 수신될 확률분포를 의미한다. 이 확률분포는 예측된 이동로봇과 특징점들 사이의 거리를 중심으로 표현할 수 있다.

[0078] [수학식 6]은 의외 대상물(unexpected object) 확률분포를 나타내며, 지수 확률분포로 표현된다. 이 확률분포는 이동로봇과 외부 비컨 사이에 불규칙하게 끼어드는 일시적 장애물 즉, 동적 장애물에 대한 확률분포를 나타낸다. 기존 레이저 센서를 이용하여 파티클 필터 방식을 적용한 연구들에서는 동적인 장애물들이 존재할 경우 수신된 거리데이터는 실제 거리데이터보다 짧게 수신되기 때문에 동적 장애물에 대한 확률분포를 P_{short} 로 나타낸다. 그러나, 초음파센서의 경우 로봇과 외부 비컨 사이에 동적 장애물이 존재하면 외부 비컨에서 송신된 초음파는 이동로봇에 설치된 수신기에 직접 수신되지 못하고 다른 곳으로 반사되어 수신기에 수신된다. 따라서 초음파의 센서 모델의 동적 장애물에 대한 확률분포 P_{long} 은 [수학식 6]처럼 표현될 수 있다.

[0079] [수학식 7]은 센싱 실패(sensing failure) 확률분포를 나타낸다. 이 확률분포는 센서의 이상으로 인해 이동로봇에서 비컨신호가 수신되지 않거나 센서가 동작하지 않는 상황을 나타내는 확률분포이다.

[0080] [수학식 8]은 설명 불가능한 측정(unexplainable measurement) 확률분포를 나타낸다. 이 확률분포는 벽의 반사나 혼선으로 외부 비컨(10)과 이동로봇 사이의 거리 값이 올바르게 못한 경우를 나타낸다.

[0081] 다음의 [수학식 9]는 센서 값의 불확실성들을 고려한 [수학식 5] ~ [수학식 8]을 하나의 확률분포로 나타낸 것이다.

수학식 9

$$p(z_t^k | x_t^k) = \begin{pmatrix} z_{hit} \\ z_{long} \\ z_{max} \\ z_{rand} \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} P_{hit}(z_t^k | x_t^k) \\ P_{long}(z_t^k | x_t^k) \\ P_{max}(z_t^k | x_t^k) \\ P_{rand}(z_t^k | x_t^k) \end{pmatrix}$$

$$cf) z_{hit} + z_{long} + z_{max} + z_{rand} = 1$$

[0082]

[0083] [수학식 9]에서 나타낸 바와 같이 4개의 분포도를 가지고 이동로봇에 수신되는 거리데이터, 추정된 로봇 위치, 및 각 특징점 위치에 대한 파티클의 신뢰도를 계산할 수 있다. 여기서, P_{long} 은 [수학식 6]에서 나타낸 바와 같이 기존의 P_{short} 대신 P_{long} 의 확률분포를 이용하여 동적 장애물에 대한 확률분포를 나타낸다. 그리고, z_{hit} , z_{long} , z_{max} , z_{rand} 는 각각의 확률분포에 대한 가중치이다.

[0084] 다음의 [표 1]은 [수학식 9]의 분포도를 이용하여 파티클에 대한 신뢰도를 추출하는 알고리즘을 표현한 것이다.

㉠ 1

Sensor model(z_t, x_t)

```

=====
     $q = 1$ 
    for  $k = 1$  to  $K$  do
        compute  $z_t^k$  for the measurement  $z_t^{k*}$  using ray casting
         $p = z_{inf} \cdot p_{inf}(z_t^k | x_t^k) + z_{long} \cdot p_{long}(z_t^k | x_t^k)$ 
           $+ z_{max} \cdot p_{max}(z_t^k | x_t^k) + z_{rand} \cdot p_{rand}(z_t^k | x_t^k)$ 
         $q = q \cdot p$ 
    end for
=====

 $p_{inf}$ : probability of measurement noise
 $p_{long}$ : probability of unexpected object
 $p_{max}$ : probability of sensing failure
 $p_{rand}$ : probability of unexplainable measurement

```

[0085]

[0086] 다음으로 파티클재생성부(150)에서 파티클을 재생성하는 과정(S105)을 설명하도록 한다.

[0087] 파티클 재생성은 이동로봇과 특징점의 위치를 추정하는 과정으로서, 신뢰도에 따라 제1 파티클을 구성하는 각 파티클을 재배치함으로써 제2 파티클을 생성하는 과정이다. 룰렛(Roulette) 방식과 확률론적 일반 샘플링(Stochastic Universal Sampling) 방식 등 다양한 방식이 이용될 수 있다.

[0088] 도 4 내지 도 6은 이동로봇의 지도 작성 과정을 실험을 통해 예시하는 도면이다.

[0089] 도 4 내지 도 6의 실험에서 4개의 초음파 비컨이 이용되었으며, 각 비컨은 B1(0m, 0m), B2(5.8m, 0m), B3(5.8m, 5.6m), B4(0m, 5.6m)의 위치에 설치되었다.

[0090] 그리고, 이동로봇은 4개의 경유점 WP1(1.7m, 1m), WP2(4.8m, 1m), WP3(4.8m, 4.6m), WP4(1m, 4.6m)을 각각 경유하여 이동하도록 제어되었다. 이동로봇은 경유점 WP1에서 WP4를 경유하고 다시 WP1으로 되돌아오며, 이러한 방법으로 5회 주행하였다.

[0091] 도 4에서, a는 284초에서의 비컨 및 이동로봇의 위치 추정 및 지도정보 작성 결과를, b는 338초에서의 비컨 및 이동로봇의 위치 추정 및 지도정보 작성 결과를 나타낸다.

[0092] 도 4의 a와 b에서 삼변 측량 결과인 LPS 위치는 이동로봇의 이동경로가 아닌 잘못된 위치를 추정하고 있다. 이러한 원인은 이동로봇에 수신되는 거리데이터의 에러가 크게 존재하기 때문이다. 따라서 삼변 측량을 이용하여 위치를 추정할 경우에는, 로봇과 외부 비컨들 사이에서 유효한 데이터가 있을 때만 올바른 위치 추정 결과를 얻을 수 있다. 또한 데드 레크닝 결과 DR은 센서 오차의 누적으로 인해 올바르지 못한 위치 추정 결과를 보이고 있다.

[0093] 도 5는 이동로봇이 주어진 이동경로를 따라 주행하기 시작한 후 478초 부터 563초까지의 5번째 왕복에 대한 일련의 과정을 예시한다.

[0094] 로봇은 경유점 WP1에서 WP4로 이동한후 다시 경유점 WP1으로 이동한다.

[0095] 도 5에서 a는 이동로봇이 이동하면서 자신의 위치를 추정하는 동시에 특징점인 비컨 위치를 추정하여 지도정보를 생성한 결과이다.

[0096] 도 5의 a 부분에서, PF는 이동로봇의 위치 추정 결과에 대한 평균을 의미하고, F1 ~ F4는 지도 작성 결과인 특징점들의 위치 추정 분포에 대한 결과이며, B1 ~ B4는 실제 특징점들인 각 비컨의 위치를 나타낸다.

- [0097] 이동로봇의 위치 추정 결과를 나타내는 PF는 이동로봇 주행 경로의 주위에 분포되어져 있고, 특징점 4개에 대한 파티클도 각 특징점 주위에 분포되어 있어, 로봇의 위치와 특징점의 위치를 추정하고 있음을 보여준다.

[0098] 도 5의 b는 도 5의 a를 바탕으로 480초부터 563초까지의 이동로봇 궤적과 영역센서를 이용하여 축적된 기하학적인 지도정보의 결과를 나타낸다.

[0099] 도 6은 도 5의 과정에 대한 최종적인 위치 추정 결과이다. 그림에서 표시된 PATH는 이동로봇이 주행한 주행경로이고, DR은 이동로봇의 데드레크닝 정보에 의한 궤적을 의미한다. PFRobot은 본 발명에 따른 이동로봇의 위치 추정 궤적, LPS는 삼변 측량에 의한 로봇의 위치 추정 결과이다.

[0100] 그리고 PFBn은 추정된 외부 비컨 n번째의 위치, Bn은 실제 환경에 위치한 외부 비컨의 위치정보 좌표를 나타낸다. 도 6에서 보는 바와 같이 데드레크닝 결과는 센세오차의 누적으로 인해 이동로봇의 주행 경로를 벗어나 잘못된 궤적을 그리고 있다.

[0101] 그리고 삼변 측량의 결과인 LPS는 이동로봇 주행 경로의 주변에 대부분 분포되어 있지만, 거리정보가 부정확할 때 LPS Poor 1~4처럼 잘못된 위치가 추정됨을 확인할 수 있다. 이는 외부 비컨에서부터 출력되는 비컨신호들이 적절하지 못할 때 나타나는 현상으로서, 비컨과 수신기 사이에 동적 및 정적인 장애물이 존재하거나, 센서신호에 에러가 많이 포함되어 있을 때 잘못된 위치가 추정된다.

[0102] 하지만 본 발명에 따라 이동로봇의 위치를 추정한 PFRobot의 경우, 이동로봇의 이동 경로 주위에 파티클이 분포되어 데드레크닝과 삼변 측량 방법보다 좋은 결과를 보인다. 본 발명의 방법에 의해 추정된 외부 비컨 파티클은 설치된 비컨들 주변 B1~B4의 주변에 위치하고 있음을 확인할 수 있다. 여기서 PFB1이 B1으로 추정된 이유는 획득된 결과의 B1 지도정보를 원점으로 설정하였기 때문이다. 또한 B1과 B2의 사이의 각도만큼 회전시켜 데이터를 분석하였기 때문에 B2에 대한 지도정보가 축으로 분포된다.

[0103] 본 발명의 상기 방법은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 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 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

[0104] 본 발명은 이동로봇의 위치와 상태뿐만 아니라 특징점인 비컨들의 위치를 일련의 파티클들로서 표현하고, 특징점들의 불확실성과 이동로봇 및 외부의 비컨 사이에 존재할 수 있는 장애물까지 고려하여 지도정보를 생성할 수 있다.

[0105] 본 발명에 의하면 미지의 환경에서 동작하는 이동로봇과 비컨의 위치를 추정함과 동시에 이동로봇과 비컨의 위치를 중심으로 장애물을 포함하는 외부환경에 대한 지도를 작성함으로써, 격자 지도 방법에 비해 연산량을 줄이는 동시에 간결하게 지도를 표현할 수 있는 효과를 지닌다.

[0106] 또한 본 발명에 의하면, 로봇의 위치와 방향뿐 아니라 이동로봇의 동작과 센서 신호원인 비컨들의 불확실성까지 고려함으로써, 이동로봇의 방향을 알 수 없는 문제점과 비컨과 이동로봇 사이에 장애물이 존재할 경우 잘못된 위치를 추정하거나 이동로봇의 방향을 알기가 힘든 삼변 측량의 문제점을 해결할 수 있다.

[0107] 이상에서는 도면에 도시된 구체적인 실시예를 참고하여 본 발명을 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하므로, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 기술을 가진 자라면 이로부터 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 보호 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 해석되어야 하고, 그와 동등 및 균등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상은 본 발명의 보호 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

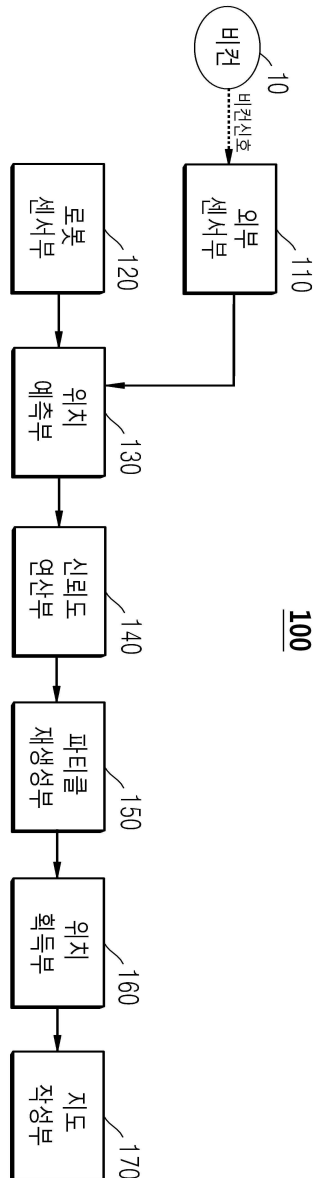
부호의 설명

- [0108]
- | | |
|--------------------------------|-------------|
| 100, 위치 추정을 이용한 이동로봇의 지도 작성 장치 | |
| 110, 외부센서부 | 120, 로봇센서부 |
| 130, 위치예측부 | 140, 신뢰도연산부 |
| 150, 파티클재생성부 | 160, 위치획득부 |

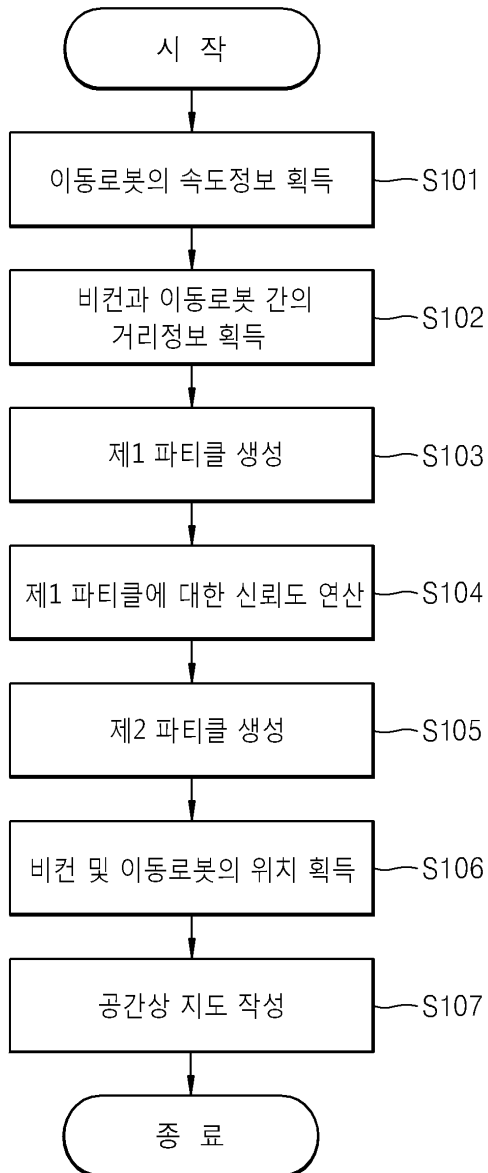
170, 지도작성부

도면

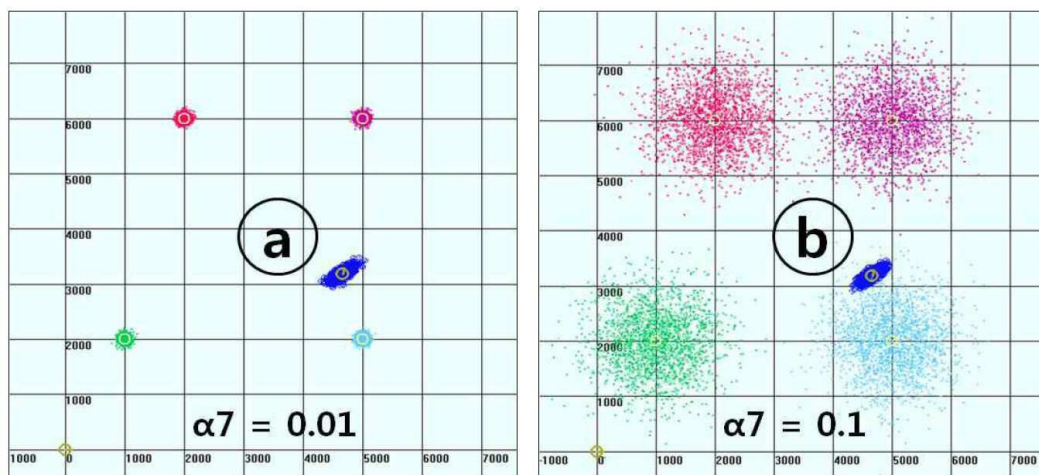
도면1



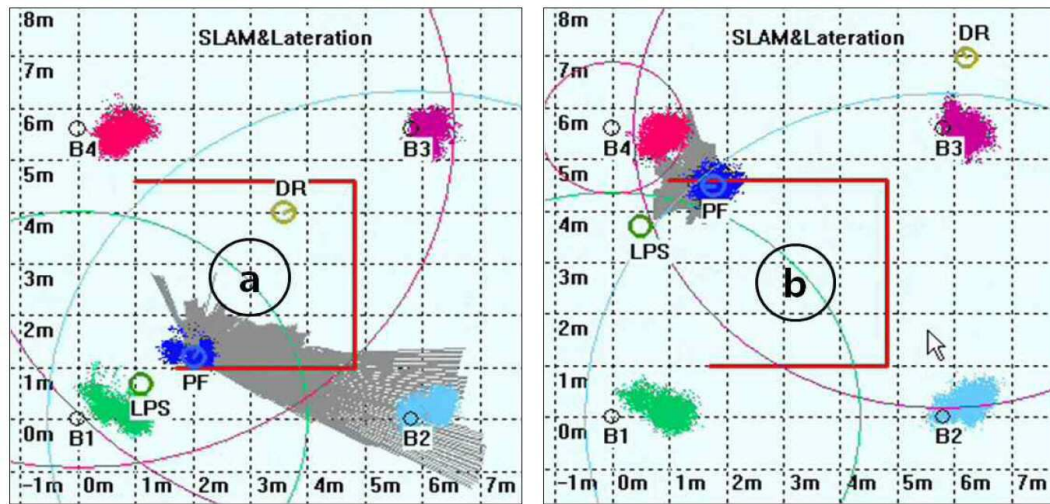
도면2



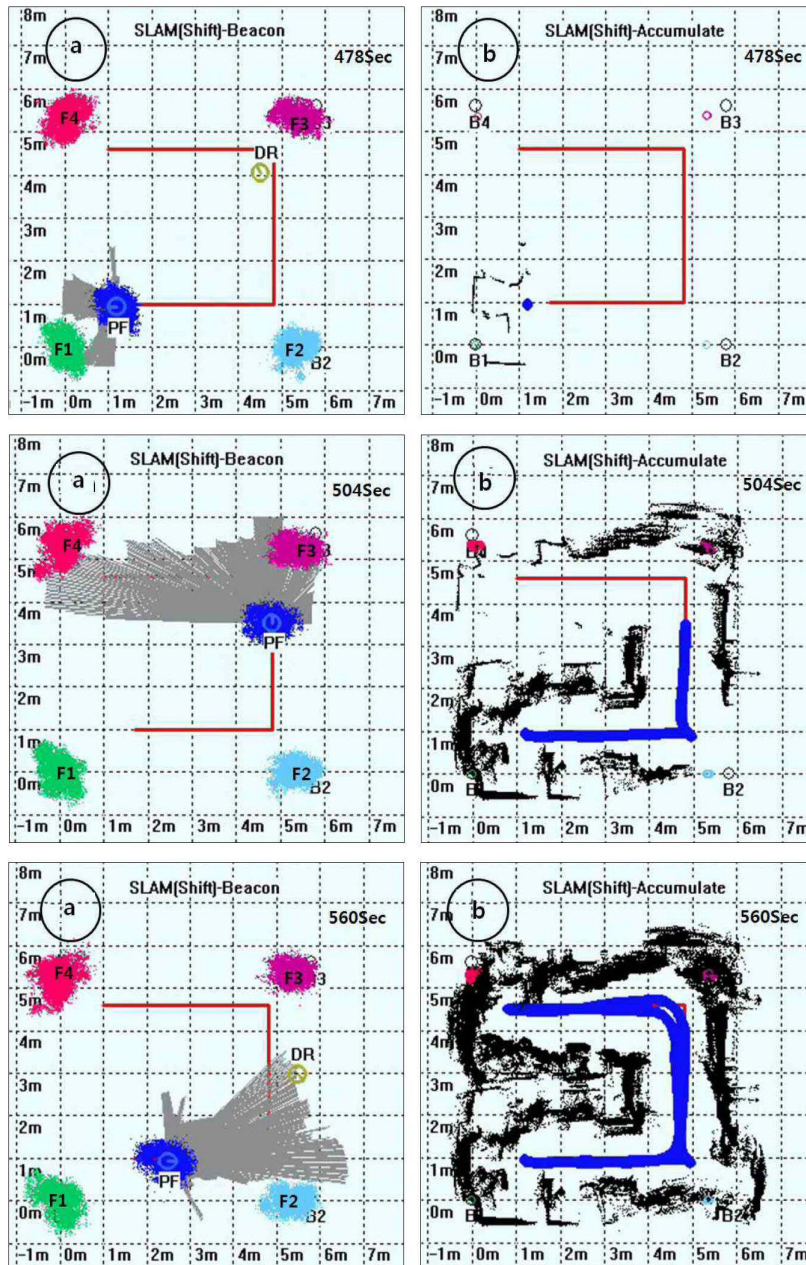
도면3



도면4



도면5



도면6

