



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0047572
(43) 공개일자 2018년05월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) G05D 1/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B25J 9/1664 (2013.01)
B25J 9/1669 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0143824
(22) 출원일자 2016년10월31일
심사청구일자 2016년11월25일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
송재복
서울시 강남구 언주로30길 56 B동 2907호 (도곡동, 타워팰리스)
최종안
경기도 수원시 권선구 정조로514번길 32, 01동 304호(세류동, 한주아파트)
정민국
서울특별시 양천구 목동동로 411, 1406호(목동, 부영그린타운3차아파트)
(74) 대리인
홍동우

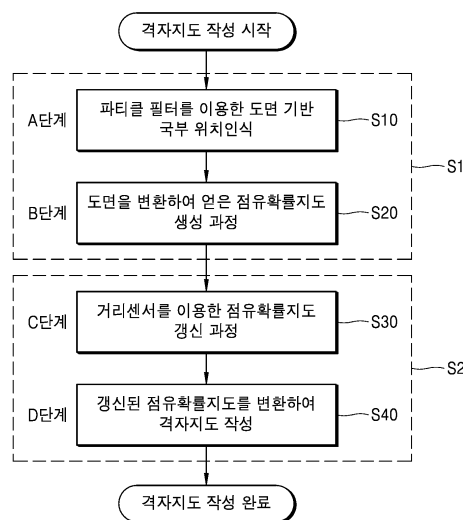
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법

(57) 요약

본 발명은, 거리 센서(11)를 포함하는 감지부(10)의 감지 정보 및 저장부(30)에 저장되고 실재하는 환경에 대한 격자의 정보를 포함하는 도면 정보를 포함하는 사전 설정 데이터를 이용하여 제어부가 로봇 구동부에 구동 제어 신호를 인가하여 주행을 제어하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법으로서, 상기 이동 로봇이 실재하는 환경에서의 위치 정보(x_r, y_r, θ_r) 및 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 산출하는 위치 비율 산출 단계(S1)와, 상기 이동 로봇이 환경을 이동하면서 상기 도면 정보를 갱신하여 상기 도면 정보에 대응하는 격자 지도를 산출하는 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)를 포함하는 것을 특징으로 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 9/1679 (2013.01)

G05D 1/0274 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10051155

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 로봇산업융합핵심기술개발사업

연구과제명 병원의 광역 환경에 적용가능한 물류 로봇 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 (주)유진로봇

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

거리 센서를 포함하는 감지부(10)의 감지 정보 및 저장부(30)에 저장되고 실재하는 환경에 대한 격자의 정보를 포함하는 도면 정보를 포함하는 사전 설정 데이터를 이용하여 제어부가 로봇 구동부에 구동 제어 신호를 인가하여 주행을 제어하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법으로서,

상기 이동 로봇이 실재하는 환경에서의 위치 정보(x_r, y_r, θ_r) 및 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 산출하는 위치 비율 산출 단계(S1)와,

상기 이동 로봇이 환경을 이동하면서 상기 도면 정보를 갱신하여 상기 도면 정보에 대응하는 격자 지도를 산출하는 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)를포함하는 것을 특징으로 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 위치 비율 산출 단계(S1)는:

상기 이동 로봇의 실제 위치를 파티클 필터를 이용하여 국부 위치를 인식하여 상기 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 나타내는 도면 비율 정보(Ddrawing)를 확인하는 국부 위치 인식 확인 단계(S10)와,

상기 도면 비율 정보(Ddrawing)와 상기 도면 정보를 이용하여 격자화된 점유 확률 지도를 생성하는 점유 확률 지도 생성 단계(S20)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 국부 위치 인식 확인 단계(S10)는:

상기 환경에 실제 위치에 대응하여 상기 도면 정보 상에 존재할 것으로 예상되는 위치를 선택하여 상기 이동 로봇의 위치로 예상되는 위치 정보를 포함하는 복수 개의 샘플을 분포시키는 초기 정보 입력 단계(S11)와,

상기 초기 입력 단계(S11)에서 분포된 샘플들을 사전 설정된 위치 변화량 및 각도 변화량으로 이동시켜 확산시키는 샘플 확산 단계(S13)와,

상기 감지부(10)에서 감지되는 상기 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보와, 상기 샘플들의 상기 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보 간의 유사도(S)를 비교하고, 상기 유사도(S)에 따라 상기 샘플들에 대하여 가중치를 부여하여 상기 샘플에 대한 확률을 갱신하는 가중치 모델링 단계(S15)와,

상기 샘플들에 대하여 사전 설정된 규칙에 따라, 상기 샘플들 중 일부에 대하여 해당 일부 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수와, 상기 샘플들 중 나머지에 대하여 해당 나머지 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수 간에 차등을 부여하는 샘플 재배열 단계(S17)와,

상기 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하는지 여부를 판단하는 샘플 수렴 판단 단계(S19)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하지 않는 것으로 판단되는 경우, 제어 흐름을 상기 샘플 확산 단계(S13)로 전달하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도

작성 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 가중치 모델링 단계(S15)는:

상기 감지부(10)에서 감지되는 상기 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보를 확인하는 실제 거리 정보 확인 단계(S151)와,

상기 샘플들의 상기 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보를 산출하는 샘플 거리 정보 확인 단계(S153)와,

상기 샘플 거리 정보와 도면 비율 정보(Ddrawing) 및 상기 실제 거리 정보를 이용하여

상기 샘플 거리 정보에 대한 상기 실제 거리 정보의 유사도(S)를 비교 확인하는 유사도 비교 확인 단계(S155)와,

상기 유사도(S)에 따라 상기 샘플들에 대하여 가중치(w)를 산출하는 가중치 산출 단계(S157)와,

상기 가중치(w)에 따라 상기 샘플에 대한 점유 확률을 갱신하는 샘플 점유 확률 갱신 단계(S159)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 가중치 산출 단계(S157)에서 상기 샘플들에 대한 가중치(w)는 다음과 같은 관계를 통하여 산출되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

$$w = \frac{1}{\sum_{k=1}^K |D_{drawing} \cdot d_{x,k} - d_{r,i}|}$$

여기서, K는 거리 정보의 개수이고, $d_{x,k}$ 는 샘플 거리 정보를, $d_{r,i}$ 는 실제 거리 정보를 나타냄.

청구항 7

제 2항에 있어서,

상기 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)는:

상기 이동 로봇이 환경을 이동하면서 상기 감지부(10)가 감지하는 감지 정보를 이용하여 상기 점유 확률 지도를 갱신하는 점유 확률 지도 갱신 단계(S30)와,

갱신된 상기 점유 확률 지도로부터 상기 사전 설정 데이터에 포함되는 확률 기준을 이용하여 격자 지도를 생성하는 점유 확률 기반 격자 지도 변환 단계(S40)를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 종래의 CAD 지도를 활용하여 보다 정확한 주행 환경 지도를 형성하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 이동로봇은 안내, 운송, 업무 보조 등의 목적으로 개발된 로봇으로서, 주로 실내 환경에서 많이 이용된다. 이동

로봇이 이동 경로를 생성하고, 목표점까지 주행을 하기 위해서는 주변 환경에 대한 지도가 필요하다. 기존에는 초음파, 레이저 스캐너, 적외선 센서와 같은 거리 측정 센서와 바퀴의 엔코더 정보 등을 이용하여 실내 환경에 대한 지도를 작성해 왔다.

[0004] 지도 작성 방법 중에서 가장 대표적인 방법으로는 로봇이 이동할 때, 발생하는 다소 부정확한 엔코더의 오차를 바로 전의 위치에서 얻은 거리 정보와 현재 위치에서 얻은 거리 정보 사이의 정합 관계를 이용하여 보정하는 방법이 있다. 그러나 이와 같은 방법은 이동로봇이 지도를 작성할 때, 사용자의 숙련도에 따라 실제 환경과 작성된 지도 사이의 오차가 발생하고, 대상 환경의 전 영역을 직접 관측해야 하므로 오랜 시간 동안 작업을 수행해야 한다는 문제점이 있다.

[0005] 따라서 실제 환경과 작성된 지도 사이의 차이를 줄이고, 빠른 시간 내에 쉽게 격자지도를 작성할 수 있는 지도 작성 방법이 필요하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 발명에서는 주변 환경에 대한 정보를 사전에 얻을 수 있는 도면을 활용하는 방법을 개발하였다. 도면을 이용한 지도 작성법은 주변 환경에 대한 도면 정보를 활용하여 그 동안 지도 작성 시에 어렵고, 오래 걸렸던 작업을 보다 쉽고 빠르게 수행하면서도 작성된 지도와 실제 환경 사이의 차이를 줄일 수 있다.

[0007] 기존의 방법들은 대부분 거리 센서와 엔코더 정보만으로 지도를 정밀하게 작성하는 데에만 초점이 맞춰져 있어, 이러한 방법들은 실제 사용자가 지도를 작성하면서 겪는 어려움을 고려하지 못하고 있다. 기존의 지도 작성 방식은 주변 환경에 대한 지도를 작성하기 위해서 사람이 직접 로봇을 조종하면서 구석구석 환경을 탐사하는 것이 필요하다. 또한, 사용자가 이동로봇을 급하게 회전시키거나 급제동을 할 경우, 환경을 제대로 모델링하기 어렵다. 이처럼 비숙련자가 지도 작성 작업을 수행할 경우에, 작성된 지도가 휘거나 틀어지는 등의 문제가 발생한다.

[0008] 이러한 문제를 개선하기 위하여 도면과 실제 환경 간의 비율을 수작업으로 일치시키는 연구가 있었지만, 도면은 실제 환경을 완전히 반영하지 못하여 실제로 이동로봇에 사용하기에는 적합하지 못 하였다.

[0009] 또한, 사용자가 도면과 환경 간의 물리적인 비율을 계산하여야 하는데 이러한 작업은 많은 시간이 소요되어 사용자에게 불편함을 야기시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명에서는 도면을 이용하여 1차적으로 점유 확률지도를 작성하고, 도면상의 환경과 실제 환경 사이의 차이가 있는 영역에서는 거리 센서를 이용하여 점유 확률지도를 갱신하여 최종적으로 격자지도를 작성하는 기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은 도면의 CAD 파일을 이용하여 이동로봇의 주행에 필요한 격자지도를 효율적으로 작성하는 방법을 제공한다.

[0014] 즉, 기존의 지도 작성 기법은 주로 거리 센서와 엔코더 정보를 이용해 지도 작성을 하거나, 도면을 단순히 격자 지도로 변환하는 기법이 대부분이었다. 그러나 직접 지도를 작성하는 경우에는 지도 작성을 하는 데 오랜 시간이 걸리고, 사용자의 숙련도에 따라 지도가 잘못 작성되기도 한다. 또, 기존의 도면을 이용한 지도 작성법의 경우에는 처음부터 도면과 실제 환경이 다를 경우에 실제 환경을 반영하지 못한 부적절한 지도를 생성할 수 있다.

[0015] 이와 같은 문제들을 해결하기 위해 본 발명에서는 도면 정보를 활용하여 지도 작성을 하는 방법을 개발하였다. 도면 정보를 기존의 지도 작성 과정에 사용하기 위해서는 도면상의 좌표계와 실제 공간에서의 좌표계를 맞추는 과정이 필요하다. 좌표계를 맞추기 위해서는 도면 정보와 실제 환경 사이의 크기에 대한 비율과 도면 위에 로봇의 위치를 알아야 한다. 이를 위해 본 발명에서는 파티클 필터를 이용하여 도면 위에 로봇의 위치와 도면과 실제 환경 사이의 크기에 대한 비율을 계산하고, 도면 정보를 기반으로 격자지도의 작성을 수행한다.

- [0016] 본 발명의 방법은 비숙련자인 사용자가 쉽고 빠르게 환경에 대한 지도 작성을 수행할 수 있게 해줄 뿐만 아니라, 기존의 방식보다 실제 환경에 더 가까운 지도를 작성할 수 있다.
- [0017] 즉, 보다 구체적으로 본 발명의 일면에 따르면, 본 발명은, 거리 센서(11)를 포함하는 감지부(10)의 감지 정보 및 저장부(30)에 저장되고 실재하는 환경에 대한 격자의 정보를 포함하는 도면 정보를 포함하는 사전 설정 데이터를 이용하여 제어부가 로봇 구동부에 구동 제어 신호를 인가하여 주행을 제어하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법으로서, 상기 이동 로봇이 실재하는 환경에서의 위치 정보(x_r, y_r, θ_r) 및 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 산출하는 위치 비율 산출 단계(S1)와, 상기 이동 로봇이 환경을 이동하면서 상기 도면 정보를 갱신하여 상기 도면 정보에 대응하는 격자 지도를 산출하는 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)를 포함하는 것을 특징으로 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법을 제공한다.
- [0018] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 위치 비율 산출 단계(S1)는: 상기 이동 로봇의 실제 위치를 파티클 필터를 이용하여 국부 위치를 인식하여 상기 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 나타내는 도면 비율 정보(Ddrawing)를 확인하는 국부 위치 인식 확인 단계(S10)와, 상기 도면 비율 정보(Ddrawing)와 상기 도면 정보를 이용하여 격자화된 점유 확률 지도를 생성하는 점유 확률 지도 생성 단계(S20)를 포함할 수도 있다.
- [0019] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 국부 위치 인식 확인 단계(S10)는: 상기 환경에 실제 위치에 대응하여 상기 도면 정보 상에 존재할 것으로 예상되는 위치를 선택하여 상기 이동 로봇의 위치로 예상되는 위치 정보를 포함하는 복수 개의 샘플을 분포시키는 초기 정보 입력 단계(S11)와, 상기 초기 입력 단계(S11)에서 분포된 샘플들을 사전 설정된 위치 변화량 및 각도 변화량으로 이동시켜 확산시키는 샘플 확산 단계(S13)와, 상기 감지부(10)에서 감지되는 상기 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보와, 상기 샘플들의 상기 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보 간의 유사도(S)를 비교하고, 상기 유사도(S)에 따라 상기 샘플들에 대하여 가중치를 부여하여 상기 샘플에 대한 확률을 갱신하는 가중치 모델링 단계(S15)와, 상기 샘플들에 대하여 사전 설정된 규칙에 따라, 상기 샘플들 중 일부에 대하여 해당 일부 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수와, 상기 샘플들 중 나머지에 대하여 해당 나머지 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수 간에 차등을 부여하는 샘플 재배열 단계(S17)와, 상기 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하는지 여부를 판단하는 샘플 수렴 판단 단계(S19)를 포함할 수도 있다.
- [0020] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하지 않는 것으로 판단되는 경우, 제어 흐름을 상기 샘플 확산 단계(S13)로 전달할 수도 있다.
- [0021] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 가중치 모델링 단계(S15)는: 상기 감지부(10)에서 감지되는 상기 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보를 확인하는 실제 거리 정보 확인 단계(S151)와, 상기 샘플들의 상기 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보를 산출하는 샘플 거리 정보 확인 단계(S153)와, 상기 샘플 거리 정보와 도면 비율 정보(Ddrawing) 및 상기 실제 거리 정보를 이용하여 상기 샘플 거리 정보에 대한 상기 실제 거리 정보의 유사도(S)를 비교 확인하는 유사도 비교 확인 단계(S155)와, 상기 유사도(S)에 따라 상기 샘플들에 대하여 가중치(w)를 산출하는 가중치 산출 단계(S157)와, 상기 가중치(w)에 따라 상기 샘플에 대한 점유 확률을 갱신하는 샘플 점유 확률 갱신 단계(S159)를 포함할 수도 있다.
- [0022] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 가중치 산출 단계(S157)에서 상기 샘플들에 대한 가중치(w)는 다음과 같은 관계를 통하여 산출될 수도 있다.
- $$w = \frac{1}{\sum_{k=1}^K |D_{drawing} \cdot d_{x,k} - d_{r,i}|}$$
- [0023]
- [0024] 여기서, K 는 거리 정보의 개수이고, $d_{x,k}$ 는 샘플 거리 정보를, $d_{r,k}$ 는 실제 거리 정보를 나타냄.
- [0025] 상기 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 있어서, 상기 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)는: 상기 이동 로봇이 환경을 이동하면서 상기 감지부(10)가 감지하는 감지 정보를 이용하여 상기 점유 확률 지도를 갱신하는 점유 확률 지도 갱신 단계(S30)와, 갱신된 상기 점유 확률 지도로부터 상기 사전 설정 데이터에 포함되는

확률 기준을 이용하여 격자 지도를 생성하는 점유 확률 기반 격자 지도 변환 단계(S40)를 포함할 수도 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 지도 작성법은 도면 정보가 있는 모든 실내 환경에서 사용될 수 있다.
- [0028] 일반적으로 이동로봇이 실내 주행을 하기 위해서는 사전에 실내 환경에 대한 환경 지도가 필요하다.
- [0029] 이러한 환경 지도를 작성하기 위해 기존의 방식들은 직접 사람이 모든 지역을 탐사하여 환경을 모델링하거나 도면을 단순히 변환하여 지도로 작성하였다. 그러나 이와 같은 방식은 지도를 작성하는 데 오랜 시간과 노력이 많이 들 뿐만 아니라, 실제 환경과 차이가 있는 지도가 작성되는 등의 여러 가지 어려움이 존재한다. 이에 대응하여 쉽고 빠르면서 실제 환경을 반영할 수 있는 지도 작성법이 필요하다.
- [0030] 본 발명에서 개발된 지도 작성법은 지도 작성 시에 좀 더 간편하고 효율적으로 격자지도를 생성할 수 있다. 백화점과 같은 넓은 장소는 대상 환경이 넓어 사람이 이동로봇을 조종하여 구석구석 직접 탐색하기 어렵다.
- [0031] 또한, 대상 환경이 넓어짐에 따라 센서 오차가 누적되므로 정확한 지도를 작성하는 것이 어렵다. 따라서 본 발명에서 개발한 도면을 이용한 격자지도 작성법은 위와 같은 환경에서 더욱 효과적으로 활용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 도면을 이용한 격자지도 작성 과정을 전체적으로 나타낸 순서도이다.
- 도 2는 도면을 활용하기 위해 로봇이 있는 실제 환경과 도면 사이의 문제를 나타낸 그림이다.
- 도 3은 국부 위치인식을 수행하고, 이동로봇이 이동하여 도면 정보와 다른 실제 환경을 관측하는 모습을 나타낸 그림이다.
- 도 4는 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식 과정을 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 파티클 필터에서 사용하는 이동로봇의 위치와 도면의 크기 비율 정보를 가지고 있는 샘플에 대한 설명을 위한 그림이다.
- 도 6은 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식 과정에서 초기 정보(이동로봇의 대략적인 위치)를 입력하고, 그 정보를 이용하여 샘플을 추출하는 모습을 나타낸 그림이다.
- 도 7은 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식 과정에서 샘플을 확산시키는 과정을 나타낸 그림이다.
- 도 8은 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식 과정에서 실제 거리 정보와 샘플 거리 정보를 비교하여 가중치를 계산하는 과정을 나타낸 그림이다.
- 도 9는 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식 과정에서 샘플 확률에 따른 샘플 재배열 과정을 나타낸 그림이다.
- 도 10은 실제 환경과 도면 사이의 크기 비율이 1:1인 경우에 도면을 변환하여 얻은 점유 확률지도 생성 과정을 나타낸 예시 그림이다.
- 도 11은 실제 환경과 도면 사이의 크기 비율이 1:2인 경우에 도면을 변환하여 얻은 점유 확률지도 생성 과정을 작성한 예시 그림이다.
- 도 12는 도면으로부터 예측한 환경과 실제 환경이 다를 경우를 나타낸 그림이다.
- 도 13은 도면을 변환하여 얻은 점유 확률지도에 실제 이동로봇이 이동하면서 점유 확률지도를 갱신하는 모습을 나타낸 그림이다.
- 도 14는 도 13의 환경에서 로봇이 점유 확률지도를 갱신하는 과정을 예시로 나타낸 그림이다.
- 도 15는 실제 환경에서 벽과 같은 장애물은 점유영역으로, 복도와 같이 이동이 가능한 공간은 비점유 영역으로 나타내는 격자지도 예시 그림이다.

도 16은 점유 확률지도를 격자지도로 변환하는 모습을 나타낸 그림이다.

도 17은 본 발명의 이동 로봇의 개략적인 블록 선도이다.

도 18은 본 발명의 이동 로봇의 제어 방법을 도시하는 세부 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 발명은 도면의 CAD 파일을 이용하여 이동로봇의 주행에 필요한 격자지도를 효율적으로 작성하는 방법을 제공한다.
- [0035] 즉, 본 발명은 도면 정보를 활용하여 지도 작성을 하는 방법을 제공하는데, 도면 정보를 기존의 지도 작성 과정에 사용하기 위해서는 도면상의 좌표계와 실제 공간에서의 좌표계를 맞추는 과정을 거치는데, 좌표계를 맞추기 위해서는 도면 정보와 실제 환경 사이의 크기에 대한 비율과 도면 위에 로봇의 위치를 확인하기 위하여 본 발명에서는 파티클 필터를 이용하여 도면 위에 로봇의 위치와 도면과 실제 환경 사이의 크기에 대한 비율을 계산하고, 도면 정보를 기반으로 격자지도의 작성을 수행한다.
- [0037] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법에 대하여 살펴본다.
- [0038] 먼저, 도 17에는 본 발명에 따른 이동 로봇(1)의 개략적인 구성도가 도시된다.
- [0039] 이동 로봇(1)은 감지부(10)와 제어부(20)와, 저장부(30)와 연산부(40)와 입력부(50) 및 출력부(60)를 포함한다. 감지부(10)는 이동 로봇에 장착되어 외부 주행 환경의 환경 정보를 감지하는데 사용된다. 감지부(10)는 카메라와 같은 영상 감지부(11), 장애물과의 거리 감지를 위한 초음파 센서와 같은 초음파 감지부(13), 거리 감지를 위한 레이저 스캐너와 같은 레이저 감지부(15) 및 3D 스캐너와 같은 라이다 감지부(17) 등 제어부(20)의 감지 제어 신호에 따라 작동하여 외부 주행 환경을 감지하여 주행 환경 감지 정보를 취득 가능한 범위에서 다양한 감지 장치가 사용될 수 있다. 본 실시예에서는 초음파 감지부(13)와 레이저 감지부(15) 등을 거리 센서로서 사용한다.
- [0040] 저장부(30)는 제어부(20)와 연결되고 제어부(20)의 저장 제어 신호에 따라 감지 정보를 저장하거나 이동 로봇의 위치 추정에 사용되는 설정 데이터 내지 하기되는 주행 환경 데이터 베이스를 저장할 수 있다.
- [0041] 연산부(40)는 제어부(20)의 연산 제어 신호에 따라 소정의 연산 과정을 실행하는데, 본 실시예에서는 파티클 필터링을 실행하고 점유 확률을 연산 산출 기능을 담당한다.
- [0042] 입력부(50)는 사용자에게 의하여 이동 로봇 내지 이동 로봇을 운영하기 위한 장치를 통하여 입력되는 데이터 내지 사전 설정 데이터를 입력하는 기능을 수행한다.
- [0043] 출력부(60)는 이동 로봇(1)의 위치를 이동시키는 구동력을 생성 전달하는 로봇 구동부(63)를 구비하고, 그 밖에, 음향 출력부(65) 내지 디스플레이부(61) 등이 더 구비될 수도 있다.
- [0044] 한편, 앞서 기술한 저장부(30)에 사전 설정 저장되는 사전 설정 데이터에는 이동 로봇(1)이 주행하고자 하는 주변 환경에 대한 환경 정보로서 공간 정보인 격자 지도 정보, 즉 주행 환경에 대한 격자 정보가 포함되는데, 본 실시예에서 격자 정보를 포함하는 도면 정보가 사전 설정 데이터에 포함된다.
- [0045] 본 발명에서는 격자지도를 작성할 때에 겪는 어려움을 해결하기 위해 도면 정보를 기반으로 한 격자지도 작성법을 제시한다. 이를 위해 사전에 얻을 수 있는 실내 환경에 대한 도면 정보를 지도 작성에 활용하였다.
- [0046] 개발된 격자지도 작성법은 도 1과 같이 A, B, C, D 단계로 나누어서 진행된다. A 단계는 도면 정보를 실제 지도 작성 과정에 활용하기 위해 도 2와 같이 실제 환경에 존재하는 이동로봇의 위치와 대응되는 도면 위의 이동로봇의 위치 및 격자크기의 비율을 계산하는 과정을 수행한다.
- [0047] 도 1, 도 14 및 도 18에는 본 발명의 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법의 흐름도가 도시된다. 본 발명의 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법은, 거리 센서를 포함하는 감지부(10)의 감지 정보 및 저장부(30)에 저장되고 실재하는 환경에 대한 격자의 정보를 포함하는 도면 정보를 포함하는 사전 설정 데이터를 이용하여 제어부가 로봇 구동부에 구동 제어 신호를 인가하여 주행을 제어하는 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법으로서, 위치 비율 산출 단계(S1)와, 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)를 포함한다.
- [0048] 상기 A 및 B 단계로서의 위치 비율 산출 단계(S1)에서 제어부(20)는 이동 로봇이 실재하는 환경에서의 위치 정

보(x_r, y_r, θ_r) 및 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 산출한다.

- [0049] 상기 C 및 D 단계로서의 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)에서 제어부(20)는 이동 로봇이 환경을 이동하면서 도면 정보를 갱신하여 도면 정보에 대응하는 격자 지도를 산출한다.
- [0050] 위치 비율 산출 단계(S1)는 A로서의 국부 위치 인식 확인 단계(S10)와, B단계로서의 점유 확률 지도 생성 단계(S20)를 포함한다.
- [0051] 국부 위치 인식 확인 단계(S10)에서 제어부(20)는 이동 로봇의 실제 위치를 파티클 필터를 이용하여 국부 위치를 인식하여 환경과 도면 정보 간의 비율 관계를 나타내는 도면 비율 정보(Ddrawing)를 확인하게 된다.
- [0052] 그런 후 점유 확률 지도 생성 단계(S20)를 제어부(20)가 실행하는데, 점유 확률 지도 생성 단계(S20)에서는 도면 비율 정보(Ddrawing)와 도면 정보를 이용하여 격자화된 점유 확률 지도를 생성한다.
- [0053] 보다 구체적으로, 국부 위치 인식 확인 단계(S10)는 초기 정보 입력 단계(S11)와, 가중치 모델링 단계(S15)와, 샘플 재배열 단계(S17)와, 샘플 수렴 판단 단계(S19)를 포함하고, 상기 샘플 수렴 판단 단계(S19)에서 제어부(20)가 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하지 않는 것으로 판단하는 경우, 제어 흐름을 샘플 확산 단계(S13)로 전달하여 소정의 반복 과정을 진행한다.
- [0054] 먼저, 초기 정보 입력 단계(S11)에서 제어부(20)는 환경에 실제 위치에 대응하여 도면 정보 상에 존재할 것으로 예상되는 위치를 선택하여 이동 로봇의 위치로 예상되는 위치 정보를 포함하는 복수 개의 샘플을 분포시키는 초기 입력 단계(S11)에서 분포된 샘플들을 사전 설정된 위치 변화량 및 각도 변화량으로 이동시켜 확산시킨다.
- [0055] 그런 후 가중치 모델링 단계(S15)에서 제어부(20)는 감지부(10)에서 감지되는 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보와, 샘플들의 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보 간의 유사도(S)를 비교하고, 유사도(S)에 따라 샘플들에 대하여 가중치를 부여하여 샘플에 대한 확률을 갱신한다.
- [0056] 그런 후 샘플 재배열 단계(S17)에서 제어부(20)는 샘플들에 대하여 사전 설정된 규칙에 따라, 샘플들 중 일부에 대하여 해당 일부 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수와, 샘플들 중 나머지에 대하여 해당 나머지 샘플들의 샘플 위치에 대한 샘플 재배열 수 간에 차등을 부여한다.
- [0057] 그런 후, 샘플 수렴 판단 단계(S19)에서 제어부(20)는 샘플 재배열 단계(S17)에서 재배열된 샘플들의 위치가 사전 설정 기준 범위에 부합하는지 여부를 판단하는데, 앞서 기술한 바와 같이, 부합하지 않는 것으로 판단되는 경우 제어부(20)는 제어 흐름을 단계 S13으로 전달하여 일련의 과정을 재반복하여 확산 재배열된 샘플이 수렴되는 과정을 파티클 필터링 과정을 실행한다.
- [0058] 이때, 가중치 모델링 단계(S15)는 소정의 확률이 높은 샘플에 가중치를 부여하여 샘플의 수렴 방향을 결정하는데, 가중치 모델링 단계(S15)는 실제 거리 정보 확인 단계(S151)와, 샘플 거리 정보 확인 단계(S153)와, 유사도 비교 확인 단계(S155)와, 가중치 산출 단계(S157)와, 샘플 점유 확률 갱신 단계(S159)를 포함한다.
- [0059] 실제 거리 정보 확인 단계(S151)에서 제어부(20)는 감지부(10)에서 감지되는 이동 로봇의 주변 환경의 장애물에 대하여 얻은 실제 거리 정보를 확인한다.
- [0060] 그런 후, 샘플 거리 정보 확인 단계(S153)에서 샘플들의 도면 정보 상의 장애물에 대하여 얻은 샘플 거리 정보를 산출한다.
- [0061] 그런 후, 제어부(20)는 유사도 비교 확인 단계(S155)를 실행하여 샘플 거리 정보와 도면 비율 정보(Ddrawing) 및 실제 거리 정보를 이용하여 샘플 거리 정보에 대한 상기 실제 거리 정보의 유사도(S)를 비교 확인한다.
- [0062] 그런 후, 제어부(20)는 가중치 산출 단계(S157)를 실행하는데, 여기서 유사도(S)에 따라 샘플들에 대하여 가중치(w)가 산출된다.
- [0063] 그런 후, 샘플 점유 확률 갱신 단계(S159)에서 제어부(20)는 가중치(w)에 따라 샘플에 대한 점유 확률을 갱신한다.
- [0064] 상기 과정 중 가중치 산출 단계(S157)에서 샘플들에 대한 가중치(w)는 다음과 같은 관계를 통하여 산출된다.

$$w = \frac{1}{\sum_{k=1}^K |D_{drawing} \cdot d_{x,k} - d_{r,j}|}$$

[0066]

[0067]

[0068]

[0069]

[0071]

[0072]

[0073]

[0074]

[0075]

[0076]

[0077]

[0078]

[0079]

여기서, K 는 거리 정보의 개수이고, $d_{x,k}$ 는 샘플 거리 정보를, $d_{r,k}$ 는 실제 거리 정보를 나타냄.

이와 같은 과정을 거쳐 얻어진 샘플에 대한 갱신된 점유 확률을 이용하여 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)가 실행된다. 도면 정보 대응 격자 지도 산출 단계(S2)에서 제어부(20)는 이동 로봇이 환경을 이동하면서 감지부(10)가 감지하는 감지 정보를 이용하여 점유 확률 지도를 갱신하는 점유 확률 지도 갱신 단계(S30)와, 갱신된 점유 확률 지도로부터 사전 설정 데이터에 포함되는 확률 기준을 이용하여 격자 지도를 생성하는 점유 확률 기반 격자 지도 변환 단계(S40)를 실행한다.

이러한 과정을 거쳐 CAD 도면 지도로부터 현재 실제 환경에 대한 보다 정확한 점유 확률 기반 격자 지도가 산출될 수 있다.

이하에서는, 도면을 참조하여 구체적 경우를 중심으로 본 발명의 이동 로봇을 통한 격자 지도 작성 방법의 과정을 설명한다.

본 발명의 파티클 필터를 이용한 도면 기반 위치 인식은 실제 환경에서 거리 센서로부터 얻은 거리 정보와 도면 정보를 이용하여 국부 위치 인식 과정을 수행한다.

이 때, 도면상의 위치 인식은 이동로봇의 위치가 도면과 실제 환경이 동일한 장소에서만 가능하다. B 단계는 도면 정보기반으로 공간의 점유 상태를 0과 1사이의 확률로 나타낸 점유 확률지도로 변환하는 과정이다. C 단계는 변환된 지도를 이용하여 도면과 실제 환경이 다른 장소들에서 점유 확률지도를 갱신하는 작업을 수행한다. B 단계에서 생성된 점유 확률지도를 이용하여 이동로봇은 파티클 필터 기반의 위치 인식을 수행하면서 도 3의 X 지역과 같이 도면과 실제 환경이 다른 장소가 나올 때까지 이동한다. 도 3의 X 지역에 도착하면, 주변 환경에 대한 점유 상태 정보를 로봇에 장착된 거리센서를 통해 수집한다. 수집한 거리 정보를 바탕으로 베이시안 갱신 규칙(Bayes update rule)을 이용하여 앞서 생성된 점유 확률지도를 갱신하는 과정을 수행한다. 센서 정보를 이용한 점유 확률지도의 갱신 과정이 끝나면, 갱신된 점유 확률지도를 얻을 수 있게 된다. D 단계는 점유 확률지도를 실제 로봇이 사용할 수 있는 격자지도로 변환하는 작업이다.

변환된 격자지도를 이용하여 로봇의 목적에 따라 작업을 수행할 수 있게 된다. 결과적으로 제안한 방법은 사람이 주변 환경지도를 작성하기 위해 실제로 구석구석 관측할 필요가 없으므로 사용자에게 효율적인 지도 작성을 가능하게 해준다. 또, 이 방법은 도면상의 정보가 실제 환경 정보와 다를 경우에 적용할 수 있어, 좀 더 정확한 지도 작성이 가능하다.

A. 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치인식(S10)

본 발명에서 개발된 파티클 필터를 이용한 도면 기반 국부 위치 인식은 주어진 도면을 지도 작성 과정에 사용하기 위해 파티클 필터를 이용한 2차원 거리 센서 기반의 위치 인식 과정으로 이루어진다.

도면을 지도 작성에 활용하기 위해서는 실제 이동로봇의 위치와 대응되는 도면상의 위치 및 도면과 실제 환경 사이의 크기 비를 알아야 한다. 이를 위해 본 발명에서는 도면 위에서 파티클 필터를 이용한 거리 센서 기반의 국부 위치 인식을 수행한다. 파티클 필터는 이동로봇 분야에서 로봇의 위치를 추정하기 위해 사용되는 필터의 한 종류로, 본 발명에서는 도면상에 로봇의 위치 및 실제 환경과 도면 사이의 크기 관계를 계산하는 데 사용된다.

본 발명에서 국부 위치 인식은 도 4와 같은 순서로 수행된다. 우선, 사용자가 지정한 초기 위치로 도면상에 샘플을 분포시키고, 분포된 샘플들의 거리 센서로부터 얻은 거리 정보와 실제 거리센서 정보사이의 비교를 통해 가중치를 계산한다. 가중치 계산이 완료된 샘플들은 가중치를 바탕으로 다시 재배열된다. 이와 같은 과정을 반복하여 일정 범위 안에 샘플들이 수렴하면 국부 위치 인식 과정을 마친다. 수렴된 샘플들의 위치는 도면에서 추

정된 로봇의 위치를 나타내고, 가중치 비교를 통해 도면과 실제 환경 사이의 크기 비를 계산할 수 있다.

[0081] (1) 도면 기반 국부 위치 인식에서의 샘플

[0082] 국부 위치 인식에 사용되는 샘플은 도 5와 같이 실제 이동로봇의 위치 (x_r , y_r , ρ_r)에 대응하는 도면에서 로봇의 위치로 정의한다. 여기서 도 5 (가)는 각각 2차원 공간에 존재하는 로봇의 위치와 방위 (x_r , y_r , ρ_r)를 나타낸다. 샘플은 도 5(나)와 같이 도면에 존재하며, 위치 변수 (x , y , ρ)와 비율 D_{drawing} , 그리고 유사도 S 를 상태 정보로 가진다. 여기서 (x , y , ρ)는 2차원 도면 위의 샘플의 위치와 각도를 나타내고, 비율 D_{drawing} 은 도면과 실제 환경 사이의 크기 비율을 나타내며, S 는 샘플의 상태 정보와 참값이 유사한 정도를 나타낸다. 샘플의 유사도 S 는 샘플이 로봇의 실제 위치에 가까울수록, 비율 D_{drawing} 과 실제 크기 비율이 비슷할수록 높은 값을 갖게 된다. 국부 위치인식 과정이 진행됨에 따라 유사도 S 가 낮은 샘플들은 사라지고, 유사도 S 가 높은 샘플들은 더 많은 개수의 샘플들로 갱신된다. 샘플들은 점차 적절한 크기 비율 D_{drawing} 을 가지고, 로봇의 위치에 수렴하게 된다.

[0084] (2) 초기 정보 입력(S11)

[0085] 초기 정보 입력 단계는 실제 환경에서 로봇이 있는 위치를 도 6(가)의 A 지점과 같이 도면상의 로봇이 있을 것이라고 예상되는 대략적인 위치를 사용자가 선택하여 샘플을 분포시키는 과정이다. 도면상의 대략적인 위치가 선정되면, 도 6(나)와 같이 샘플이 분포된다. 이 때, 도면 위의 한 지점은 빈 공간을 나타내는 비점유 격자 위에 존재해야 하고, 선택한 지점에 N 개의 샘플을 추출하여 샘플 집합 X 를 구성한다. 각 샘플들은 $1/N$ 의 샘플 확률을 갖게 되고, 이후에 샘플 확률은 파티클 필터의 각 과정을 거치면서 갱신된다.

[0087] (3) 샘플 확산(S13)

[0088] 샘플 확산 단계에서는 로봇의 위치를 찾기 위해 샘플들을 확산시키는 단계이다. 만약, 도 7(가)과 같이 실제 로봇의 위치가 현재 분포된 샘플의 위치와 다르면, 샘플은 정확한 로봇의 위치를 나타낼 수 없으므로 도면상의 로봇의 위치를 추정하는 것이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 샘플 확산 단계에서는 도 7(나)와 같이 샘플들을 확산시켜 샘플들이 도면상에 존재할 수 있는 실제 로봇의 위치에 도달할 수 있도록 한다. 이 때, 샘플의 위치 변화량과 각도 변화량은 $-1m \sim 1m$, $-5^\circ \sim 5^\circ$ 사이에서 임의의 값으로 결정되나 이는 일례로서 본 발명의 이러한 임의의 변화값이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0090] (4) 가중치 모델링(S15)

[0091] 가중치 모델링 단계에서는 실제 거리 센서로부터 얻은 거리 정보(S151)와 도면의 샘플위치에서 얻어진 거리 정보(S153)의 유사도를 비교(S155)하여 가중치를 계산(S157)하고, 기존의 샘플의 확률에 가중치를 곱하여 샘플의 확률을 갱신(S159)한다.

[0092] 보다 구체적으로, 가중치는 도 8(가)와 같이 실제 거리 정보와 도 8(나)과 같이 샘플 위치 x_i 에서 얻은 샘플 거리 정보에 비율 D_{drawing} 을 곱한 거리 정보간의 유사도 비교를 통해 계산된다. 이 때, 샘플 거리 정보는 샘플 위치에 실제 로봇이 존재할 때, 도면으로부터 얻을 수 있는 거리 정보를 나타낸다. 예를 들어, 도 8(가)의 그래프는 실제 환경에서 거리 센서를 통해 얻은 거리 정보를 1도 간격으로 나타낸 것이다. 이와 같이 도 8(나)의 그래프도 도면에서의 샘플 거리 정보를 1도 간격으로 그래프화한 것이다. 이 때, 도 8(다)와 같이 도 8(가)의 그래프에 비율 D_{drawing} 을 곱하고, 도 8(나)와 비교를 통해 가중치 w 를 구하면 식 (1)과 같다.

$$w = \frac{1}{\sum_{k=1}^K |D_{\text{drawing}} \cdot d_{s,k} - d_{r,i}|} \quad (1)$$

[0094]

[0096]

여기서, K 는 거리 정보의 개수이고, $d_{s,k}$ 는 샘플 거리 정보를, $d_{r,i}$ 는 실제 거리 정보를 나타낸다. 각 샘플마다 가중치를 구하고, 각각의 샘플 확률에 가중치 w 를 곱하여 샘플 확률을 갱신한다.

[0098]

(5) 샘플 재배열 및 수렴 판단(S17, S19)

[0099]

샘플 재배열 단계(S17)는 앞서 샘플 확산 단계와 가중치 모델링 단계에서 갱신된 샘플 확률을 기반으로 샘플을 재배열하는 단계이다. 이 단계는 도 9의 A와 같이 높은 확률을 가지는 샘플의 위치에는 더 많은 수의 샘플들을 재배열시키고, 도 9의 B와 같이 낮은 확률을 가지는 샘플의 위치에는 적은 수의 샘플을 재배열시키거나 재배열시키지 않는다. 이와 같이 방식으로 재배열된 샘플들은 샘플의 확률을 초기화되고, 다시 샘플 확산, 가중치 모델링, 샘플 재배열 단계를 반복하여 수행한다. 샘플들의 위치가 일정 범위 내로 수렴했을 때, 샘플이 수렴했다고 판단하고(S19), 샘플 정보들의 평균을 통해 로봇의 위치 및 비율을 계산한다.

[0100]

[0101]

B. 도면을 변환하여 얻은 점유 확률지도 생성(S20)

[0102]

본 발명에서는 파티클 필터로부터 계산한 크기 비율 D_{drawing} 과 도면 정보를 기반으로 점유 확률지도를 생성한다. 앞에서 계산한 크기 비율 D_{drawing} 을 이용하면, 도 10(가)를 격자 기반의 점유 확률지도인 도 10(나)로 변환할 수 있다. 도 10(나)는 도 10(가)에서 D_{drawing} 변수 1을 곱한 예시를 나타낸다. 이 때, 변환된 점유 확률지도는 도면 정보로부터 변환된 격자가 점유 영역일 때는 0.8의 점유 확률을, 비점유 영역일 때는 0.2의 점유 확률을, 미탐지 영역일 때는 0.5의 점유 확률을 갖게 된다. 또 다른 예로, D_{drawing} 변수가 0.5 일 때는 11(가)의 도면이 도 11(나)와 같이 변경된다.

[0104]

C. 거리 센서를 이용한 점유 확률지도 갱신(S30)

[0105]

건물의 도면은 도 12와 같이 실제 건물의 내부 모습을 반영하기 어렵다. 따라서 도면 정보만으로 작성된 점유 확률지도는 실제 환경을 적절히 반영하지 못한다. 따라서 실제 사용자는 도면과 다른 실제 환경을 찾아 로봇을 움직이면서 점유 확률지도를 갱신하는 작업이 필요하다. 도 13 (가)와 같이 도면지도가 작성되었을 경우, 사용자는 도면과 실제 환경이 다른 지역인 도 13 (나)의 A, B를 쉽게 찾을 수 있고, 이 장소로 로봇을 직접 이동시켜 해당지역의 점유 확률지도를 갱신한다. 먼저 로봇을 A 지역으로 이동시켰을 경우, 도 14(나)와 같이 장애물이 존재하는 영역의 확률이 갱신된다. 추후에 로봇을 B 지역으로 이동시켜 점유 확률지도의 장애물 영역의 확률을 갱신한다. 결과적으로 점유 확률지도는 실제 환경을 적절히 반영한 지도가 된다.

[0106]

[0107]

D. 갱신된 점유 확률지도를 변환하여 격자지도 작성(S40)

[0108]

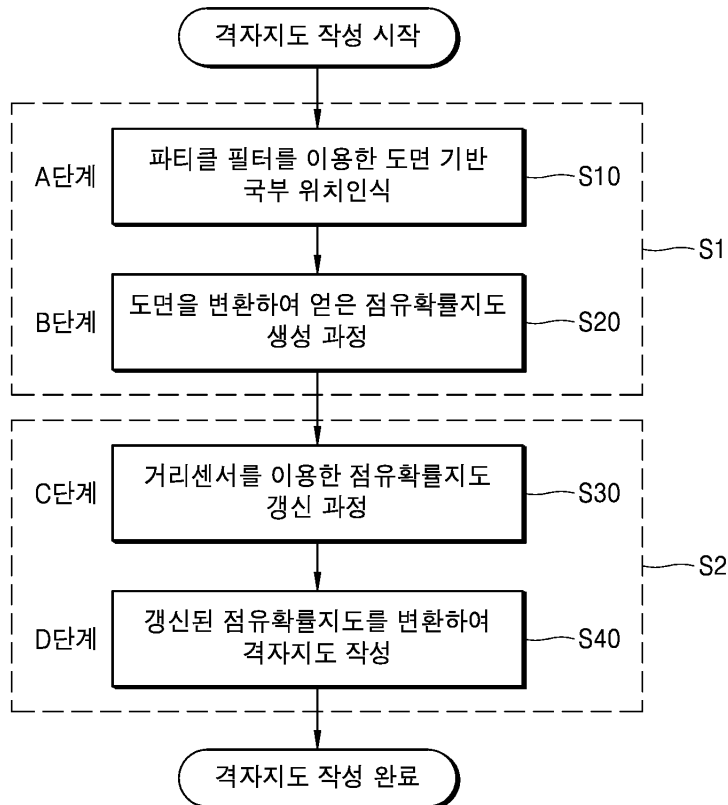
격자지도 작성 단계에서는 점유 확률지도 갱신 단계가 완료되면 최종적으로 작성된 점유 확률지도를 격자지도로 변환하는 작업을 수행한다. 격자지도는 환경을 일정한 크기의 2차원 격자로 나누고, 베이저안 갱신 규칙(Bayes update rule)을 이용하여 각 격자마다 장애물에 의해 점유되어 있을 가능성을 확률로 표현한 지도이다. 즉, 장애물에 의해 점유된 격자는 1, 점유되지 않은 격자는 0의 확률을 가지며, 점유 여부에 대한 정보가 없는, 다시 말해서 탐지되지 않은 격자는 0.5의 확률을 부여한다. 이러한 격자지도는 도 15와 같이 격자지도 작성을 수행하면 벽과 같은 장애물은 점유 영역으로 나타나고, 이동로봇이 지날 수 있는 빈 영역은 비점유 영역으로 나타나며, 탐지되지 않은 영역은 미탐지 영역으로 나타난다. 도 16 (나)는 도 16(가)의 점유 확률지도를 격자지도 형태로 변환한 모습이다. 여기서 점유 확률지도의 격자는 격자의 점유확률이 0.8 이상이면 점유 격자로, 0.2 이하이면 비점유격자로 변환을 하고, 그 밖에 0.5 일 경우에는 미탐지 격자로 변환한다.

[0110]

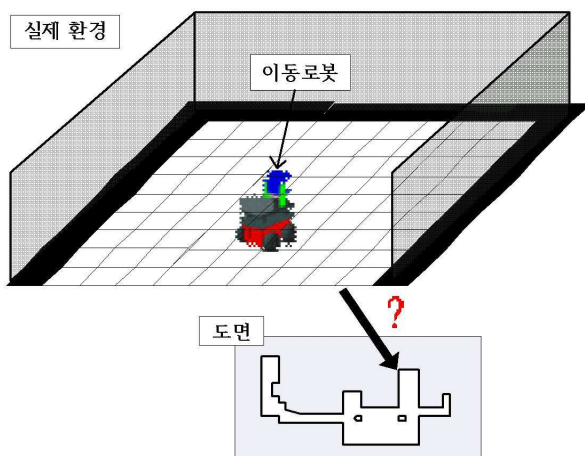
이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

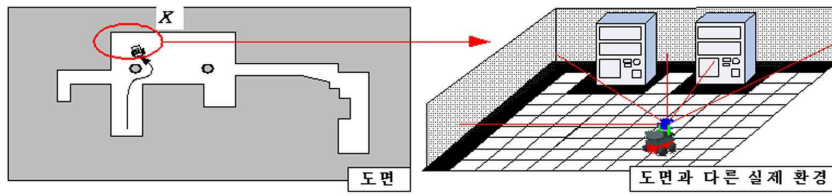
도면1



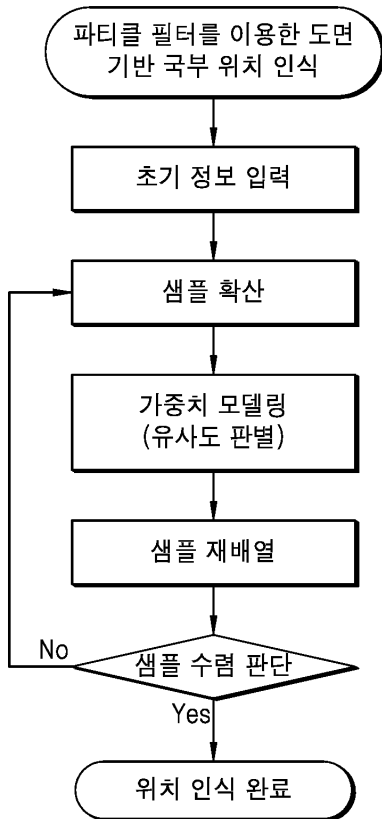
도면2



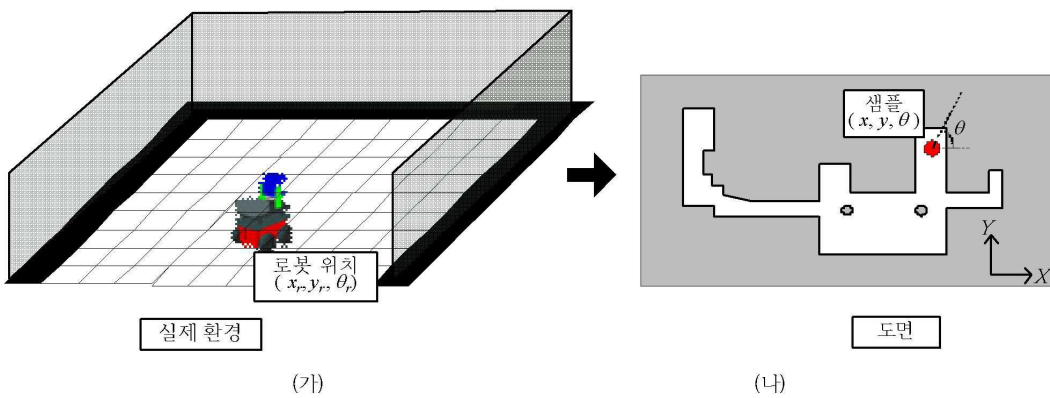
도면3



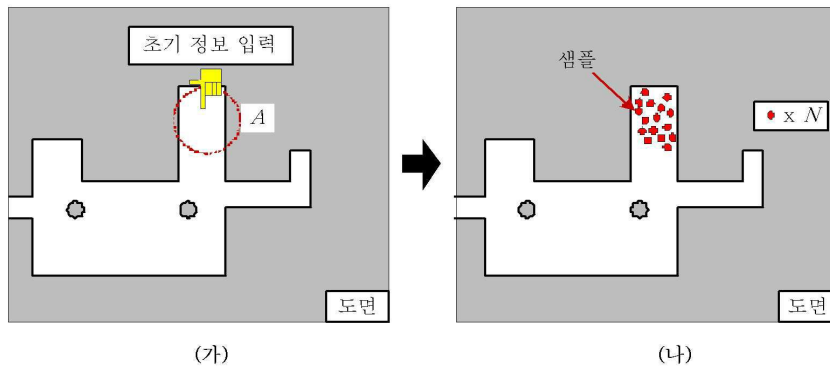
도면4



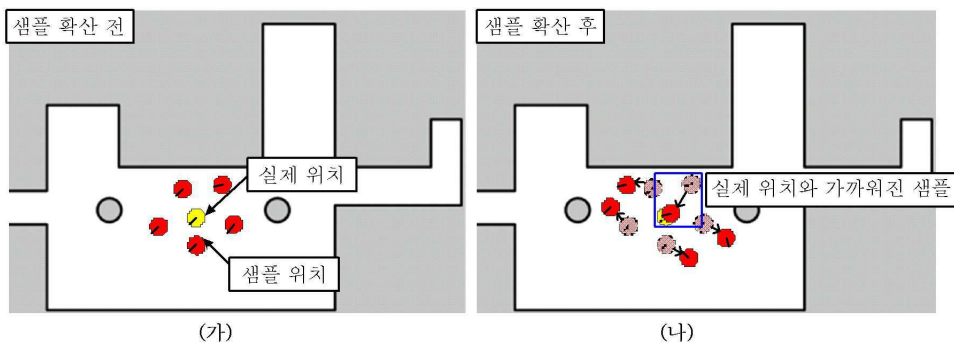
도면5



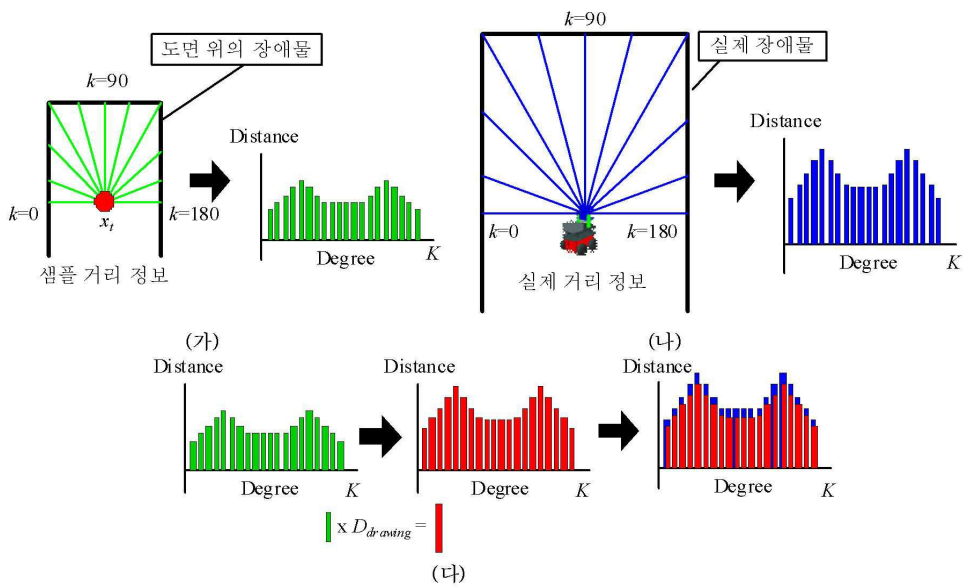
도면6



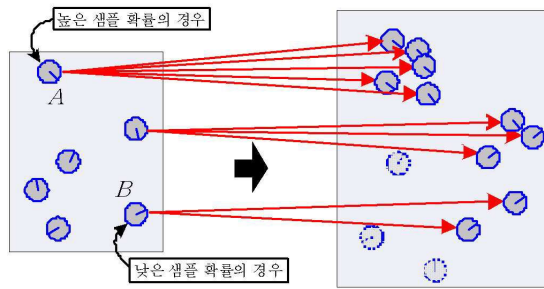
도면7



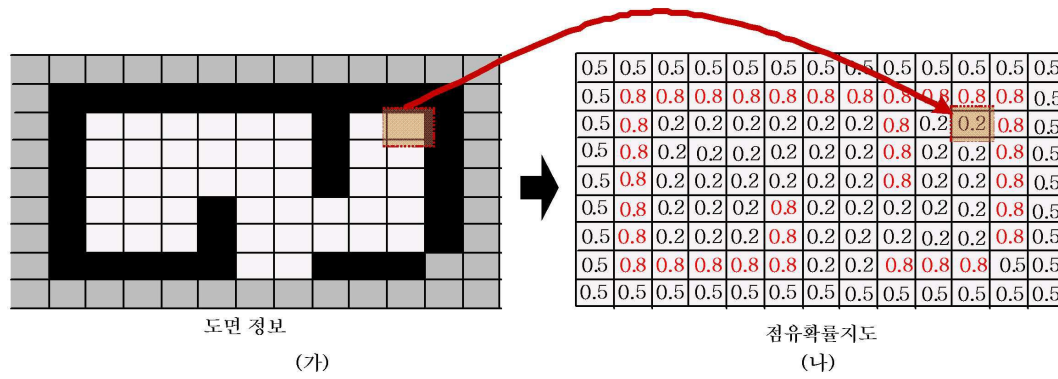
도면8



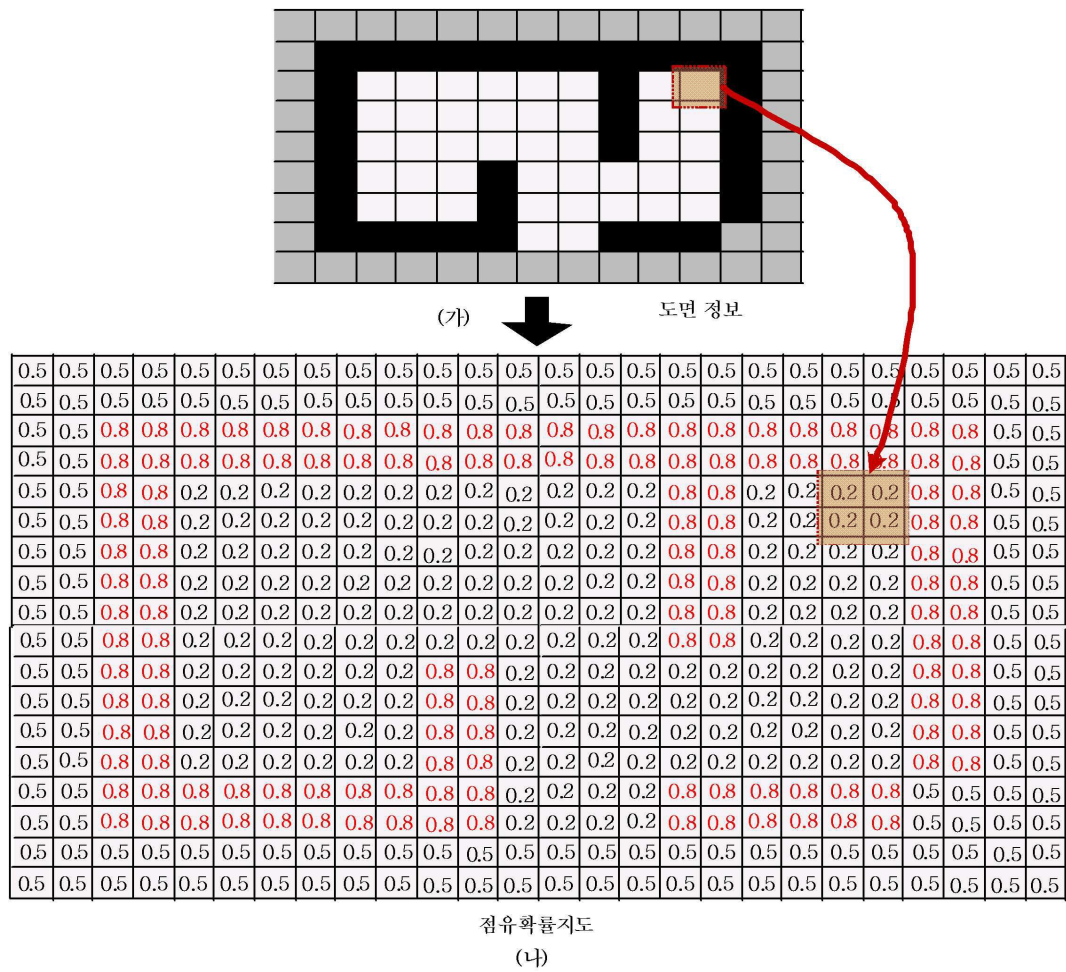
도면9



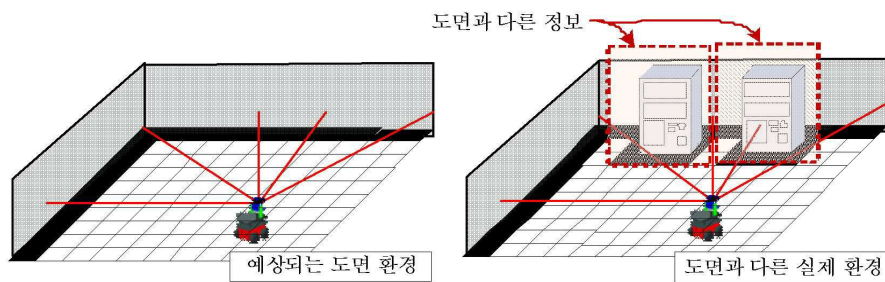
도면10



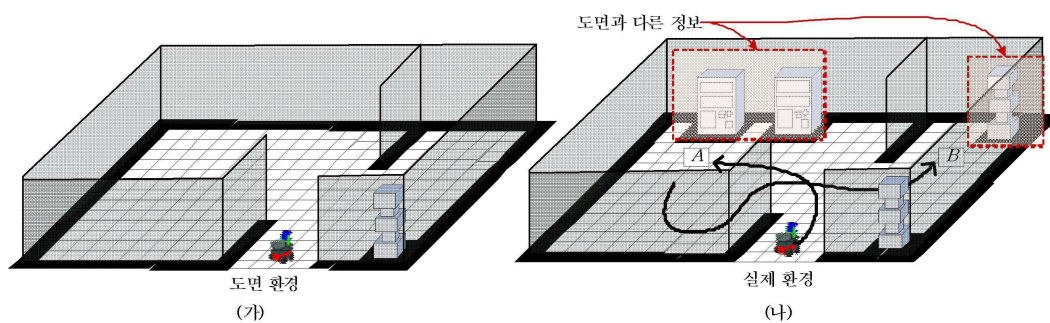
도면11



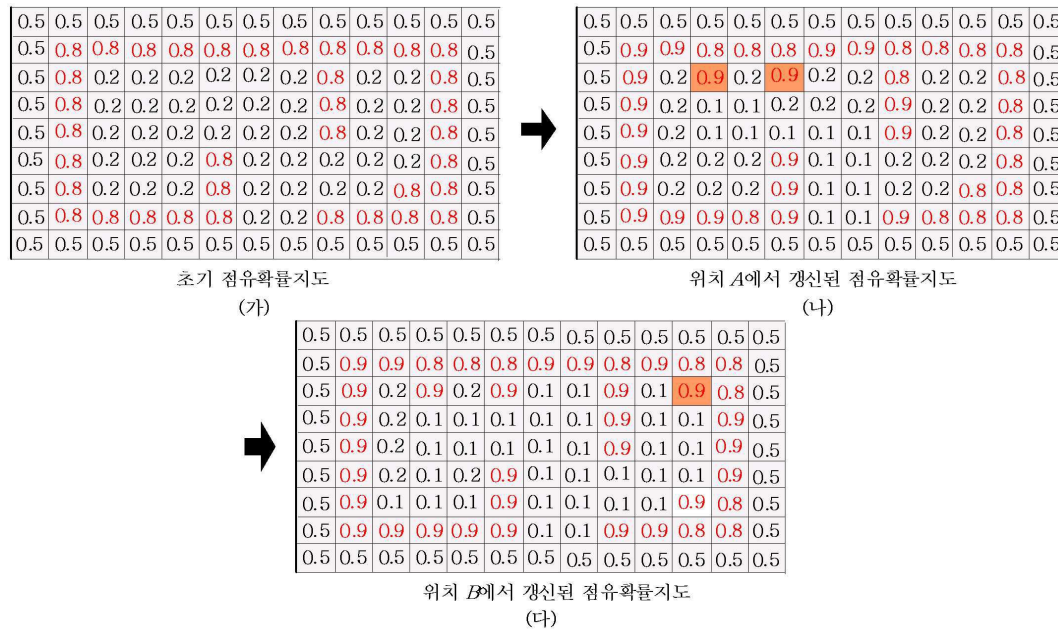
도면12



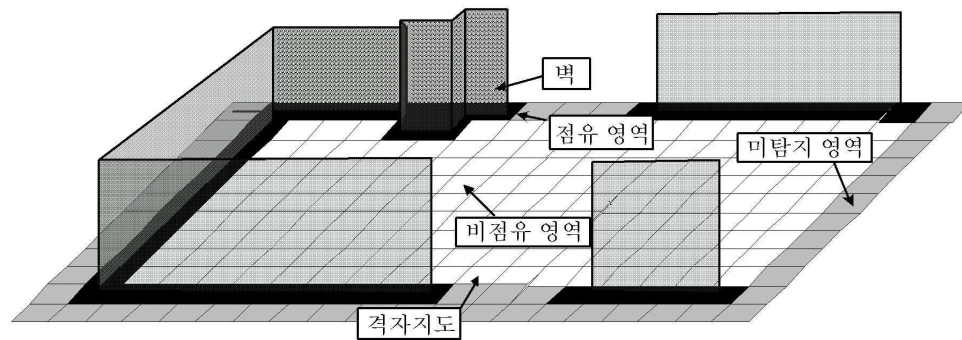
도면13



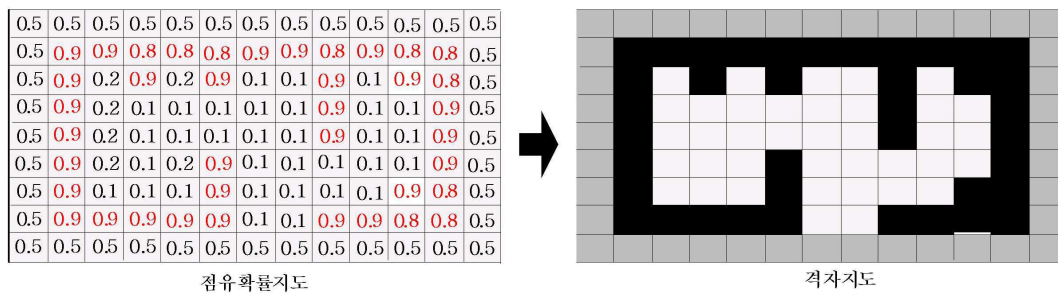
도면14



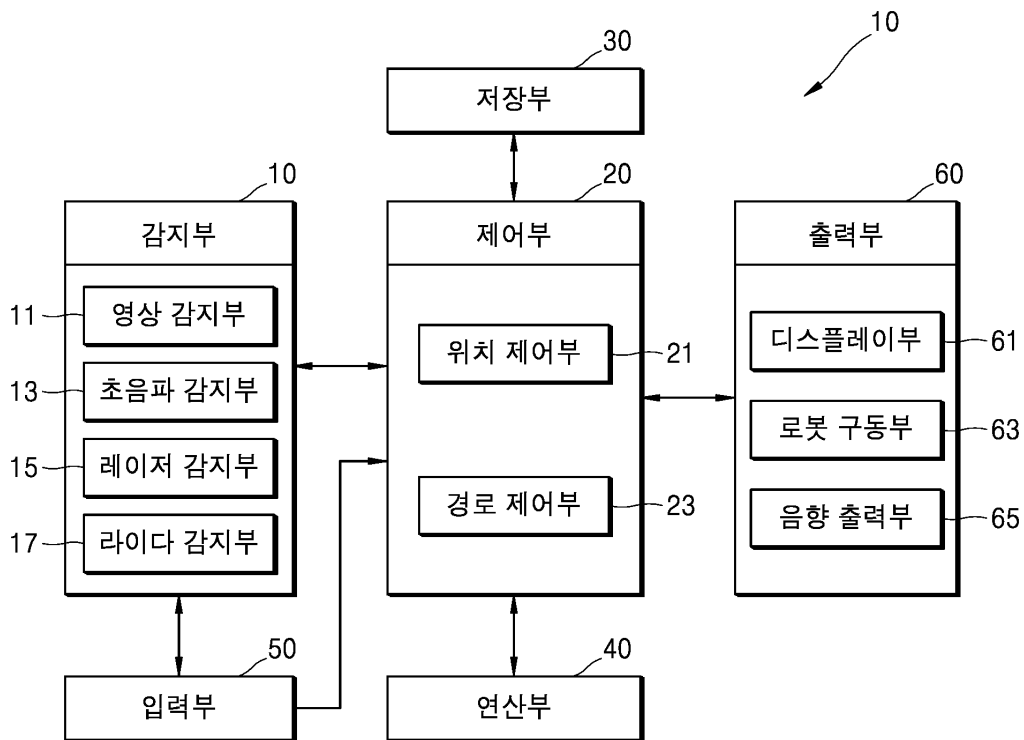
도면15



도면16



도면17



도면18

