



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년08월07일
 (11) 등록번호 10-1427186
 (24) 등록일자 2014년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 B25J 9/22 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)
 G05D 1/02 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0067423
 (22) 출원일자 2013년06월12일
 심사청구일자 2013년06월12일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101271114 B1*
 KR1020110058384 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 건국대학교 산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 120, 건국대학교내 (화양동)
 (72) 발명자
 전홍석
 충북 충주시 교현동 남산1길 29-25
 박정규
 경기 의정부시 평화로202번길 20, 106동 1304호 (호원동, 신일유토빌플러스아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김정수

전체 청구항 수 : 총 6 항

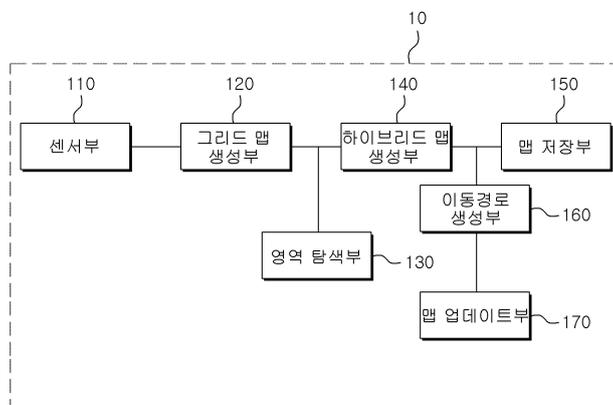
심사관 : 김상욱

(54) 발명의 명칭 **미지환경에서 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치**

(57) 요약

본 발명의 미지환경에서 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 지능형 로봇에 장착되어 상기 로봇의 주변 영역정보를 탐색하는 센서부와, 상기 센서부에서 탐색된 주변 영역정보에 근거하여, 그리드 맵(grid map)을 생성하는 그리드 맵 생성부와, 상기 그리드 맵에 근거하여 공백 영역과 장애물을 포함하는 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 영역을 설정하고, 설정된 MBR 영역에 대해 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 현재 로봇의 위치를 포함하는 제 1 사각형 영역과, 상기 제 1 사각형 영역에 인접한 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역을 각각 설정하는 영역 탐색부와, 상기 영역 탐색부에 의해 설정된 사각형 영역에 근거하여, 그리드 맵과 토폴로지 맵이 혼용된 하이브리드 맵을 생성하는 하이브리드 맵 생성부와, 상기 하이브리드 맵 생성부에서 생성된 하이브리드 맵과 상기 그리드 맵 생성부에서 생성된 그리드 맵을 저장하는 맵 저장부와, 상기 영역 탐색부에서 설정된 MBR 영역에 근거하여 로봇의 이동경로를 생성하는 이동경로 생성부 및 상기 이동경로를 따라 상기 지능형 로봇이 이동된 경우, 상기 영역 탐색부에 의해 새로 탐색되는 제 m 사각형 영역을 상기 맵 저장부에 저장된 하이브리드 맵과 그리드 맵에 업데이트하는 맵 업데이트부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

권순욱

충북 청주시 상당구 주성로132번길 9, 102동 1404호 (사천동, 카운티스아파트)

신문선

충북 청주시 흥덕구 장전로 11, 406동 1001호 (성화동, 성화휴먼시아4단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-A424-0024

부처명 중소기업청

연구사업명 산학연공동기술개발사업

연구과제명 실시간 SLAM 기술을 적용한 실내 경비 로봇 개발

기여율 1/1

주관기관 건국대학교 산학협력단

연구기간 2012.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

지능형 로봇에 장착되어 상기 로봇의 주변 영역정보를 탐색하는 센서부;

상기 센서부에서 탐색된 주변 영역정보에 근거하여, 그리드 맵(grid map)을 생성하는 그리드 맵 생성부;

상기 그리드 맵에 근거하여 공백 영역과 장애물을 포함하는 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 영역을 설정하고, 설정된 MBR 영역에 대해 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 현재 로봇의 위치를 포함하는 제 1 사각형 영역과, 상기 제 1 사각형 영역에 인접한 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역을 각각 설정하는 영역 탐색부;

상기 영역 탐색부에 의해 설정된 사각형 영역에 근거하여, 그리드 맵과 토폴로지 맵이 혼용된 하이브리드 맵을 생성하는 하이브리드 맵 생성부;

상기 하이브리드 맵 생성부에서 생성된 하이브리드 맵과 상기 그리드 맵 생성부에서 생성된 그리드 맵을 저장하는 맵 저장부;

상기 영역 탐색부에서 설정된 MBR 영역에 근거하여 로봇의 이동경로를 생성하는 이동경로 생성부; 및

상기 이동경로를 따라 상기 지능형 로봇이 이동된 경우, 상기 영역 탐색부에 의해 새로 탐색되는 제 m 사각형 영역을 상기 맵 저장부에 저장된 하이브리드 맵과 그리드 맵에 업데이트하는 맵 업데이트부;를 포함하고,

상기 영역 탐색부는 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 상기 제 1 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

(여기에서, m, n은 자연수, $m > n$)

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 센서부는 레이저 스캐너 및 초음파 센서 중 적어도 어느 하나를 다수개 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 그리드 맵 생성부는 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 사용하여 그리드 맵을 생성하는 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 사각형 영역은 상기 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역보다 영역이 큰 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역은 장애물이 없고, 상기 로봇이 이동가능한 공백 영역인 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 하이브리드 맵에 포함되는 각각의 사각형 영역은 하나의 노드로 정의되면서 해당 영역의 좌표 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 미지의 환경에서 로봇의 이동경로 생성을 위해 그리드와 토폴로지 맵의 특성을 모두 갖는 하이브리드 맵을 생성하여 모든 영역을 탐색할 수 있는 미지환경에서 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 로봇은 자동 조절에 의해 조작이나 이동 등의 작업을 수행하고, 특히 인간을 대신하여 여러 작업을 수행하는 데 사용되어 왔다.

[0003] 최근, 전 세계의 로봇 시장이 매년 35% 이상 지속적인 성장세를 보이고 있으며 이 중에서 서비스 로봇은 매년 17% 성장률을 보이고 있다. 특히, 로봇 시장의 통계 결과와 예측을 종합하면 기업용 로봇 시장에서 잔디 깎기 로봇, 청소 로봇, 감시 로봇 등의 실생활에서 사용되는 서비스 로봇으로 이동되는 것을 알 수 있다.

[0004] 실생활에 도움이 되는 서비스 로봇은 스스로 움직이며 주어진 임무를 수행하는 모바일 로봇(Mobile robot)을 의미한다. 예를 들어 잔디 깎기 로봇은 잔디 깎기를 수행해야할 범위를 파악하고 스스로 이동 경로를 정하여 잔디 깎기 임무를 수행해야 한다.

[0005] 모바일 로봇이 이런 임무를 수행하기 위해서 지도 작성(Mapping), 위치 추정(Localization), 경로 계획(Path Planning), 장애물 회피 및 추적(Obstacle avoidance and tracking)과 같은 핵심 기술을 가지고 있어야 한다.

[0006] 특히, 모바일 로봇이 갖추어야 할 기술 중에 가장 중요한 기술로 경로 계획을 들 수 있다. 모바일 로봇에서 경로 계획은 크게 두 가지로 구분할 수 있다.

[0007] 첫 번째로 지도에서 출발지와 목적지의 효율적인 경로를 찾는 것이다. 효율적인 경로 찾기는 경로 계획 연구의 대부분을 차지하는 것으로 두 지점 간의 짧은 경로나 빠른 이동 경로를 생성하는데 주력하였다.

[0008] 두 번째로 두 지점간의 경로를 찾는 것이 아니라 새로운 영역을 찾아내는 탐색(Exploration)이다. 두 가지의 경로 계획의 가장 다른 점은 로봇이 동작하는 환경에 대한 정보, 즉 지도를 가지고 시작하거나 지도가 없는 상태로 시작하는지의 차이이다.

[0009] 로봇이 지도를 가지고 있는 상태를 알려진 환경(Known Environment)이라 하고, 지도가 없는 상태를 미지의 환경(Unknown Environment)이라 할 수 있다. 알려진 환경에서 탐색은 미리 제공된 지도를 기반으로 경로 생성이 완료된 이후 시작하고, 미지의 환경에서 탐색은 지도가 없이 탐색을 시작한다.

- [0010] 미지의 환경에서는 로봇이 가지고 있는 센서를 사용하여 환경 정보를 획득, 이 정보를 기반으로 지도를 생성하고 탐색을 수행할 수 있다.
- [0011] 특히, 로봇이 환경에 대한 사전 정보가 없는 상태에서 작업을 수행하기 위해서는, 로봇 스스로 지도를 생성할 수 있어야 한다. 이를 수행하기 위해서 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)알고리즘이 사용될 수 있다.
- [0012] SLAM 알고리즘은 로봇이 가지고 있는 센서를 사용하여 주변 환경 정보를 파악하고 그 내용을 바탕으로 지도를 생성하며 동시에 지도에서 자신의 위치를 추정할 수 있다.
- [0013] 예를 들어 SLAM 기술과 관련하여, 공개특허 제10-2010-0040234호는 SLAM 장치 및 방법에 관한 것으로, 주변으로부터 영상을 취득하고 여상에서 특징 정보를 추출하여 추출된 특징정보와 등록된 특징 정보를 매칭하여 로봇의 위치 및 특징 정보의 위치를 추정할 수 있는 기술이 개시되고 있다.
- [0014] 그러나, 종래의 SLAM 알고리즘에 의해 생성되는 지도는 대부분 고해상도의 그리드 지도(Grid Map)를 사용하기 때문에 지도의 크기에 따라 지도의 업데이트 시간과 이동 경로 생성에 계산 시간이 많이 소비되는 문제점을 가지고 있다.
- [0015] 이러한 그리드 맵은 저사양의 범용적인 모바일 로봇에서 사용이 어렵고, 또한 SLAM 알고리즘은 미지의 환경을 모두 매핑하기 위해서 로봇이 어떻게 이동해야 하는가에 대한 방법은 제시하지는 않는다는 문제점이 있다. 따라서, SLAM 알고리즘만을 사용해서 미지의 환경을 모두 표현할 수 있는 지도의 생성을 보장할 수 없다.
- [0016] 또한, 로봇이 이동 경로를 생성하기 위해 토폴로지 지도 (Topological Map)를 사용할 수 있다. 그리드 지도가 환경을 작게 나누어진 그리드로 표현하여, 각 그리드의 셀이 환경에서의 물체의 유무 또는 물체의 유무에 대한 확률을 표현할 수 있다면, 토폴로지 지도는 환경을 노드와 링크의 그래프 형태로 표현할 수 있다. 노드는 영역 또는 랜드마크를 표현한다. 노드와 노드 사이의 연결은 링크로 표현한다.
- [0017] 이러한, 토폴로지 지도는 환경을 그래프 형태로 유지하기 때문에 그리드 지도 보다 작은 양의 메모리를 사용하여 더 큰 환경을 표현할 수 있지만, 그래프의 노드는 해당 영역의 정확한 환경을 표현하지 못하는 것으로, 노드 내에서 로봇의 정확한 위치를 모르고, 노드 내의 이동이 불가능하여 로봇의 정확한 임무 수행에 적합하지 않다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0018] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 미지의 환경에서 로봇이 환경의 표현력을 갖는 그리드 맵과 저 메모리 사용 및 빠른 경로 검색의 특징을 가지는 토폴로지 맵의 특성을 포함하는 하이브리드 맵을 사용하여 모든 영역을 탐색할 수 있는 미지환경에서 이동경로 생성을 위한 지능형 로봇의 영역탐색 및 매핑 장치의 제공을 목적으로 한다.
- [0019] 그러나 본 발명의 목적은 상기에 언급된 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0020] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑

장치는, 지능형 로봇에 장착되어 상기 로봇의 주변 영역정보를 탐색하는 센서부와, 상기 센서부에서 탐색된 주변 영역정보에 근거하여, 그리드 맵(grid map)을 생성하는 그리드 맵 생성부와, 상기 그리드 맵에 근거하여 공백 영역과 장애물을 포함하는 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 영역을 설정하고, 설정된 MBR 영역에 대해 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 현재 로봇의 위치를 포함하는 제 1 사각형 영역과, 상기 제 1사각형 영역에 인접한 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역을 각각 설정하는 영역 탐색부와, 상기 영역 탐색부에 의해 설정된 사각형 영역에 근거하여, 그리드 맵과 토폴로지 맵이 혼용된 하이브리드 맵을 생성하는 하이브리드 맵 생성부와, 상기 하이브리드 맵 생성부에서 생성된 하이브리드 맵과 상기 그리드 맵 생성부에서 생성된 그리드 맵을 저장하는 맵 저장부와, 상기 영역 탐색부에서 설정된 MBR 영역에 근거하여 로봇의 이동경로를 생성하는 이동 경로 생성부 및 상기 이동경로를 따라 상기 지능형 로봇이 이동된 경우, 상기 영역 탐색부에 의해 새로 탐색되는 제 m 사각형 영역을 상기 맵 저장부에 저장된 하이브리드 맵과 그리드 맵에 업데이트하는 맵 업데이트부를 포함하는 것을 특징으로 한다(여기에서, m, n은 자연수, $m > n$).

[0021] 또한, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 센서부가 레이저 스캐너 및 초음파 센서 중 적어도 어느 하나를 다수개 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 그리드 맵 생성부가 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)알고리즘을 사용하여 그리드 맵을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 영역 탐색부가 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 상기 제 1 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역을 추출하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 제 1 사각형 영역은 상기 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역보다 영역이 큰 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 제 1 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역은 장애물이 없고, 상기 로봇이 이동가능한 공백 영역인 것을 특징으로 한다.

[0026] 아울러, 본 발명에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치는, 상기 하이브리드 맵에 포함되는 각각의 사각형 영역은 하나의 노드로 정의되면서 해당 영역의 좌표 정보를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 미지환경에서 이동경로 생성을 위한 지능형 로봇의 영역탐색 및 매핑 장치에 따르면, 로봇의 주변 영역을 탐색하여 생성된 하이브리드 맵(Hybrid Map)을 사용함으로써, 미지의 환경에서 로봇이 동작하는 모든 영역을 탐색할 수 있는 이점이 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 미지환경에서 이동경로 생성을 위한 지능형 로봇의 영역탐색 및 매핑 장치에 따르면, 그리드 맵과 토폴로지 맵을 통합한 하이브리드 맵을 사용함으로써, 환경의 표현력을 증대시키고 동시에 저 메모리의 사용 및 빠른 경로 검색을 수행할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은, 본 발명의 실시예에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 블록도이다.
- 도 2는, 그리드 맵 생성부를 통해 생성되는 그리드 맵을 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 3은, Cache를 사용하여 가장 큰 사각형을 구하는 예를 나타내는 예시도이다
- 도 4는, 본 발명에 따라 생성된 그리드 맵과 하이브리드 맵을 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 5는, 본 발명에 따른 인접하는 노드와 ACP(Adjacent Center Point)의 관계를 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 6은, 본 발명에 따른 알고리즘을 사용하여 미지의 환경에 대한 탐색 방법을 예시적으로 나타내는 예시도이다.
- 도 7은, 본 발명에 따라 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 영역을 그리드 맵에 적용한 예시도이다.
- 도 8은, 본 발명에 따른 R1 영역에서 커버리지 알고리즘을 사용하여 커버리지를 수행하는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예의 상세한 설명은 첨부된 도면들을 참조하여 설명할 것이다. 하기에 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0031] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0033] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치의 구성을 개략적으로 나타내는 블록도이다.

[0035] 도면에 나타난 바와 같이, 영역탐색 및 매핑 장치(10)는 센서부(110), 그리드 맵 생성부(120), 영역 탐색부(130), 하이브리드 맵 생성부(140), 맵 저장부(150), 이동경로 생성부(160) 및 맵 업데이트부(170)를 포함할 수 있다.

[0036] 센서부(110)는 지능형 로봇에 장착되어 로봇이 이동할 수 있는 공백 영역과 장애물을 포함하는 주변 영역정보를 탐색할 수 있도록 예를 들어, 다수개의 레이저 스캐너, 초음파 센서 등으로 이루어질 수 있다.

[0037] 로봇의 현재 좌표가 $X_t(x, y)$ 이고, 센서의 한 점의 거리 측정값이 d , 해당 각도가 θ 일 때, t 시간의 센서 측정값은 $Z_t(x, y, d, \theta)$ 로 표현할 수 있다.

[0038] 센서값(d)이 센서의 최대 측정(r)보다 작을 때는 0.7의 확률을 부여하고, 현재 셀의 확률값과 더한 값을 최근값으로 업데이트한다. 그리고, 다음 센서값(d)과 r 의 값이 같을 때는 0.05의 확률 값을 할당하여 셀을 업데이트하고, 마지막으로 d 가 r 보다 클 경우에는 센서값의 오류로 취급하여 확률값을 0으로 부여하고 셀의 값을 업데이트 하지 않는다.

[0039] 그리드 맵 생성부(120)에서는 센서부(110)에서 탐색된 로봇의 주변 영역정보에 근거하여, 그리드 맵(grid map)을 생성할 수 있다. 특히, 그리드 맵 생성부(120)는 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 알고리즘을 사용하여 그리드 맵을 생성할 수 있다.

[0040] 그리드 맵에서 환경은 일정한 크기의 셀의 집합으로 표시된다.

[0041] 도 2에 나타난 바와 같이, 일정한 크기의 셀은 공백과 장애물 등의 물체를 표시하기 위해 사용될 수 있다. 또한, 각 셀은 물체를 표현하기 위해 상태 값을 갖는다. 이 상태 값은 이진 숫자 값이나 확률 값을 가질 수 있다. 그리드 맵은 커버리지 알고리즘에서 공간을 표현하기 위해서 사용될 수 있다.

[0042] 그리드 맵 생성부(120)에서 사용되는 SLAM은 로봇이 환경에 대한 사전 정보가 없는 상태에서 로봇 스스로 지도를 생성하고 생성한 지도를 기반으로 자신의 위치를 추정하는 것을 말한다

[0043] 일반적으로 로봇이 가지고 있는 자원을 사용할 때 다음과 같은 오류가 발생될 수 있다.

[0044] 첫 번째는, 로봇이 환경 정보를 획득할 때 사용하는 센서의 오류이다. 센서를 사용하여 환경 정보(대부분 거리 정보)를 얻을 때 센서의 특성 및 주변 환경에 따라 잘못된 값을 얻게 될 수 있다. 예를 들어, 초음파 센서를 사용할 경우 초음파가 반사되는 재질에 따라 정확한 값을 측정하거나 값을 아주 측정을 못하거나 또는 잘못된 값을 얻을 수 있다. 따라서, 센서 측정값의 오류로 인해 잘못된 지도를 생성할 수 있다.

[0045] 두 번째는, 로봇의 주행 정보의 오류이다. 주행 로봇은 모터를 이용하여 이동하게 된다. 로봇이 이동할 때 엔코더를 사용하여 모터의 회전수를 측정하여 로봇의 이동 거리를 측정할 수 있다. 그러나 모터의 기계적인 문제로 측정에 문제가 발생할 수 있으며, 로봇이 동작하는 환경의 바닥이 일정하지 못하여 로봇이 미끄러지거나, 좌/우 바퀴의 회전이 일정하지 않아 엔코더를 사용하여 로봇의 이동 거리를 측정하는데 알아내는데 문제가 발생할 수 있다. 또한 로봇이 움직이는 시간이 늘어날수록 엔코더를 사용하여 얻은 주행 정보는 오류가 누적되어 실제 주행 정보와 오차가 커지게 된다.

[0046] 따라서, SLAM에서는 확률 기법을 도입하여 SLAM에서 발생하는 문제를 해결할 수 있다. 이러한 SLAM에서 발생하는 문제는 다음의 관계식과 같이 시간 k 에서 계산될 수 있는 확률 분포로 표현할 수 있다.

[0047] [식 1]

$$P(x_k, m | Z_{0:k}, U_{0:k}, x_0)$$

[0049] 여기에서, x_k 는 k 시점의 로봇의 상태 벡터, m 은 모든 랜드마크 집합, $Z_{0:k}$ 는 k 시간까지의 기록한 관찰 값, $U_{0:k}$ 는 k 시간까지의 제어벡터, x_0 는 로봇의 초기 상태벡터를 나타낸다.

[0050] 상기 [식 1]의 확률 분포를 구하기 위해서 재귀적인 방법이 필요하다. 재귀적인 방법으로 x_k 를 구하기 위해서는 $k-1$ 의 시점에서 결합 확률($P(x_{k-1}, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k-1})$), 제어 벡터(u_k), 관찰값(z_k)을 Bayes정리를

사용하여 계산될 수 있다. 이 계산은 상태 전이 모델(State transition model)과 관찰 모델(Observation model)이 필요하다.

[0051] 관찰 모델은 로봇의 위치와 랜드마크 위치를 알고 있을 때 관찰값(z_k)의 확률 값을 의미한다. 이 관찰 모델은 다음의 관계식으로 표현될 수 있다.

[0052] [식 2]

[0053]
$$P(z_k | x_k, m)$$

[0054] 로봇의 위치와 지도가 정의되어 있다면 관찰값은 주어진 지도와 현재 로봇의 상태와 독립적임을 가정할 수 있다. 로봇의 모션 모델은 다음의 관계식과 같이 상태 전이의 확률 모델로 정의할 수 있다.

[0055] [식 3]

[0056]
$$P(x_k | x_{k-1}, u_k)$$

[0057] 상태 전이는 마코브 과정(Markov Process)을 가정한다. 로봇의 현재 위치(x_k)는 바로 이전 위치(x_{k-1})와 제어 벡터(u_k)로 구할 수 있다. 또한 관찰값과 지도 모두 독립적이다.

[0058] SLAM은 재귀적인 두 단계로, 다음의 관계식을 통해 예측(time-update)과 수정(measurement-update)으로 표현할 수 있다.

[0059] [식 4]

[0060]
$$P(x_k, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0) = \int P(x_k | x_{k-1}, u_k) \times P(x_{k-1}, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k-1}, x_0) dx_{k-1}$$

[0061] [식 5]

[0062]
$$P(x_k, m | Z_{0:k}, U_{0:k}, x_0) = \frac{P(z_k | x_k, m) P(x_k, m | Z_{0:k-1}, U_{0:k}, x_0)}{P(z_k | Z_{0:k-1}, U_{0:k})}$$

[0063] 상기 [식 4]와 [식 5]는 결합 확률($P(x_k, m | Z_{0:k}, U_{0:k}, x_0)$)을 구하기 위한 재귀적인 단계를 제공할 수 있다.

[0064] 상기 [식 4]는 예측의 단계로, k-1 시점에 제어 벡터(u_k)를 로봇에 전달했을 때 로봇의 위치를 예측하는 것으로 상기 [식 3]의 모션 모델을 사용할 수 있다.

[0065] 상기 [식 5]는 수정 단계로, k 시점의 관찰값을 이용하여 로봇의 위치와 지도를 동시에 수정하는 것으로 상기 [식 2]의 관찰 모델을 이용하여 계산할 수 있다.

[0066] 영역 탐색부(130)는 생성된 그리드 맵으로부터 로봇이 탐색할 수 있는 최소 사각형 영역인 MBR(Minimum Bounding Rectangle) 영역을 설정할 수 있다. 이 MBR 영역에는 공백 영역과 장애물을 포함할 수 있다.

[0067] 또한, 영역 탐색부(130)에서는, 설정된 MBR 영역에 대해 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 다수개의 사각형 영역을 설정할 수 있다. 예를 들어, 사각형 영역은 현재 로봇의 위치를 포함하는 제 1 사각형 영역과, 제 1 사각형 영역에 인접한 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역으로 각각 분해될 수 있다. 여기에서, n은 자연수이다.

[0068] Rectangle Tiling이란 $m \times n$ 셀로 나누어진 사각형에서 내부에 존재하는 서브-사각형 $N(m, n)$ 개를 찾는 것을 의미한다. 사각형을 두 개의 좌표로 표시한다고 하면 오른쪽의 위쪽 좌표를 (m, n)으로 할 때, 왼쪽 아래 좌표를 (i, j)로 표시할 수 있다. 이때 사각형의 서브-사각형 개수는 다음의 관계식으로 구할 수 있다.

[0069] [식 6]

$$N(m, n) = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} (m-i)(n-j)$$

$$= \frac{1}{4}m(m+1)n(n+1)$$

[0070]

[0071] 본 발명에서는 Cache 개념을 도입하여 Rectangle Tiling 기법의 사용시 큰 사각형을 선택하도록 하였다. Cache에는 현재 열을 기준으로 현재 행에 Free인 셀의 개수를 저장한다. 그리고 각 열에서 세로 방향으로 탐색하면서, 연속되는 Free셀의 수와 Cache에 저장된 값을 이용하여 사각형의 크기를 비교할 수 있다.

[0072] 이와 같은 과정이 모든 열에서 수행된 후, 대상 공간에서의 가장 큰 사각형을 찾아낼 수 있다. 도 3의 (a) 및 (b)는 Cache를 사용하여 가장 큰 사각형을 구하는 예를 나타내는 예시도이다. 도 3의 (a)에서 16×12 셀로 구성된 사각형으로 서브-사각형으로 구성될 수 있는 Free 셀(파란색, True)과 서브-사각형으로 구성될 수 없는 Occupied 셀(흰색, False)로 구성되고 있다.

[0073] 이때 Cache는 사각형의 한 열을 의미하고, cache의 각 셀에는 현재 열에서부터 끝 열까지에 있는 Free 셀을 포함하고 있다.

[0074] 도 3의 (b)는 16×12 사각형 4 번째 열의 Cache 내용을 보여주고 있다. 가장 큰 사각형을 구하기 위해 현재 열의 Cache를 구하고, Cache의 셀을 아래쪽에서 위쪽으로 이동하며 현재 셀의 좌표와 Cache의 크기 좌표를 이용하여 사각형 넓이를 구하여 가장 큰 사각형을 찾을 수 있다.

[0075] 하이브리드 맵 생성부(140)는 그리드 맵 생성부(120)에서 생성된 그리드 맵과, 영역 탐색부(130)를 통해 현재 로봇의 위치를 포함하는 제 1 사각형 영역과, 제 1 사각형 영역에 인접한 제 2 사각형 영역 내지 제 n 사각형 영역으로 분해된 다수개의 사각형 영역에 근거하여 하이브리드 맵을 생성할 수 있다.

[0076] 하이브리드 맵 생성부(140)에서 생성되는 하이브리드 맵은 정확한 환경을 표현하는 그리드 맵의 특징과 저 메모리 사용 및 빠른 경로 검색이 가능한 토폴로지 맵의 특징이 혼합된 형태를 갖을 수 있다.

[0077] 따라서, 하이브리드 맵 생성부(140)는, 도 4에 나타난 바와 같이, Rectangle Tiling 기법을 사용하여 생성된 그리드 맵에서 가장 큰 사각형을 찾고, 그 사각형을 새로운 자료 구조로 변경하여 하이브리드 맵으로 생성할 수 있다.

[0078] 맵 저장부(150)는 하이브리드 맵 생성부(140)에서 생성된 하이브리드 맵과 그리드 맵 생성부(120)에서 생성된 그리드 맵을 저장할 수 있다.

[0079] 이동경로 생성부(160)에서는 하이브리드 맵에 근거하여 로봇의 이동경로를 생성할 수 있다.

[0080] 또한, 맵 업데이트부(160)는 이동경로를 따라 지능형 로봇이 이동된 경우, 영역 탐색부(130)에 의해 새로 추출되는 제 m 사각형 영역을 맵 저장부(150)에 저장된 하이브리드 맵에 업데이트할 수 있다(여기에서, m은 자연수이고, $m > n$).

[0081] 본 발명에서의 하이브리드 맵에서는 하나의 사각형 정보를 하나의 노드로 표현할 수 있다. 특히, 하이브리드 맵은 노드와 인접 중심점(ACP, Adjacent Center Point)의 구조를 가지고 있다. 노드는 그리드 맵에서 공백인 사각형을 표현하고, ACP는 인접하는 두 노드 접합면의 중심점을 의미한다.

[0082] 도 5는 하이브리드 맵에서의 노드와 ACP의 관계를 나타내는 예시도로, 노드 A 및 B는 다음과 같이 정의할 수 있다.

[0083] $A(A_{x1}, A_{y1}, A_{x2}, A_{y2})$

[0084] $B(B_{x1}, B_{y1}, B_{x2}, B_{y2})$

[0085] 따라서, 도 5의 (a)에 나타난 바와 같이, A, B 노드가 좌우로 인접하는 경우, ACP는 다음의 관계식을 통해 구할 수 있다.

[0086] [식 7]

[0087]
$$ACP(x, y) = \left(\frac{A_{x1} + B_{x2}}{2}, A_{y2} \right)$$

[0088] 또한, 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이, A, B 노드가 상하로 인접하는 경우, ACP는 다음의 관계식을 통해 구할 수 있다.

[0089] [식 8]

[0090]
$$ACP(x, y) = \left(A_{x2}, \frac{B_{y1} + B_{y2}}{2} \right)$$

[0091] 일반적으로 토폴로지 맵에서 노드는 표현하고자 하는 영역의 기본 정보만을 유지하지만, 본 발명에 따른 하이브리드 맵에서는 사각형을 하나의 노드로 지칭하고, 해당 영역의 좌표 정보를 유지하기 때문에 그리드 맵의 정확한 표현력을 유지할 수 있다.

[0092] 또한, ACP를 사용하여 노드간의 연결을 나타내고, 노드 간 이동 경로 생성에 사용될 수 있다.

[0093] 본 발명에 따른 하이브리드 맵은 다음의 식과 같이 표현될 수 있다.

[0094] [식 9]

$$G = \{ V, A \}$$

[0095]

[0096] 여기에서, V는 노드의 리스트로 다음의 식과 같이 노드의 ID, 사각형 R의 좌표 정보, 노드간의 리스트, 인접 노드 리스트로 표시할 수 있다.

[0097] [식 10]

$$V = \{ ID, R, pNext, pAnode \}$$

[0098]

[0099] 또한, A는 V 노드와 인접한 노드들의 리스트로, 다음의 식과 같이, V 노드의 ID, ACP, V 노드와 ACP의 거리 값, A 노드 리스트를 포함하도록 표시할 수 있다.

[0100] [식 11]

$$A = \{ ID, ACP, nDistance, pNext \}$$

[0101]

[0102] 특히, 로봇이 동작하며 하이브리드 맵이 업데이트 될 때 V 노드가 새로 생기면, 저장된 V 노드 리스트에 새로운 V 노드를 추가하고, 이때 기존 V 노드 리스트 내의 V 노드들과 인접 여부를 확인하여 A 노드 리스트를 업데이트 할 수 있다. 맵 업데이트부(170)에서는 다음의 업데이트 알고리즘을 통해 업데이트를 수행할 수 있다.

Algorithm 1

1. **MapUpdate** (*Rectangle*)
 2. *node* = *vnode_list_head*;
 3. *vnode* = *MakeVnode*(*Rectangle*); // [식 10]
 4. *VnodeListAdd*(*vnode*);
 5. **while** (*node*)
 6. **if** (*IsACP*(*node*))
 7. *acp* = *GetACP*(*node*, *vnode*); // [식 7], [식 8]
 8. *anode* = *MakeAnode*(*vnode*, *acp*); // [식 11]
 9. *AnodeListUpdate*(*vnode*, *anode*);
 10. **end if**
 11. *node* = *node*->*next*;
 12. **end while**
 13. **End**
-

[0103]

[0104] 본 발명에 따르면, 도 6의 (a)에 나타낸 바와 같이, 미지의 환경에 로봇이 위치하면 로봇은 자신의 센서를 사용하여 환경을 파악하고, 그 정보를 이용하여 맵을 생성하며, 생성된 맵으로부터 자신의 위치를 파악하고 맵을 확장할 수 있도록 이동 경로를 생성할 수 있어야 한다.

[0105] 영역 탐색부(130)에서는 생성된 맵을 기반으로, 도 6의 (b)에 나타난 바와 같이, 최소의 사각형(Minimum Bounding Rectangle, MBR)영역을 설정하고, 이때 MBR은 현재 생성된 맵 영역에서 로봇이 파악할 수 있는 최소의 사각형으로 공백 영역과 장애물 등을 포함할 수 있다.

[0106] MBR 영역은 다음의 알고리즘을 이용하여 구할 수 있다.

Algorithm 2

1. **GetMBR** (*Map*)
 2. GetMinPosition(*x1*, *y1*) // free or occupied area from MAP
 3. GetMaxPosition(*x2*, *y2*) // free or occupied area from MAP
 4. **return** (*x1*, *y1*, *x2*, *y2*)
-

[0107]

[0108] 상기 알고리즘으로 구해진 MBR 영역은 현재 환경 상태를 표현하는 최소의 영역으로 환경이 변할 때 계속 변경될 수 있는 특징이 있다.

[0109] 도 6의 (b)에 나타난 MBR 영역을 그리드 맵으로 표현하면, 도 7과 같다. MBR 영역이 설정되면, 이동 경로 생성부(160)를 통해 로봇의 이동 경로를 생성하고, 생성된 이동 경로를 따라 새로운 정보를 획득하여 맵을 확장할 수 있다. 특히, 새로운 이동 경로를 선택하기 위해 MBR 영역에 대해 Rectangle Tiling 기법을 사용하여 그리드 맵을 사각형 형태의 영역으로 분해할 수 있다.

[0110] 도 7에 나타난 바와 같이, 분해된 사각형 중에서 장애물을 포함하지 않은 가장 큰 영역을 선택하여 R1 영역이라 명하고, 이 영역을 로봇의 탐색 영역으로 선택할 수 있다. 도 7에서는 로봇이 위치한 가운데 점선 사각형(초록색)이 R1 영역으로 선택되고, 선택된 R1 영역의 정보를 이용하여 하이브리드 맵을 업데이트 할 수 있다. 이때 하이브리드 맵에는 [식 10]에 나타난 V 노드 정보가 저장될 수 있다.

[0111] 장애물이 없는 Free 영역으로 로봇이 자유롭게 이동할 수 있는 R1 영역이 선택되면 해당 영역의 탐색을 통해서 로봇은 주변 환경을 확장하게 되고, 도 6의 (c)와 같이 선택된 R1 영역을 빠르게 이동하며 많은 정보를 획득하기 위해 Wall following으로 이동을 수행할 수 있다. 따라서, 이동 중 새로운 주변 정보를 획득하고, 맵 업데이트부(170)를 통해 획득된 정보를 업데이트 할 수 있다.

[0112] R1 영역의 탐색이 끝나고 맵이 업데이트되면, 로봇은 새로 업데이트된 맵을 기반으로 MBR 영역의 변경 유무를 확인하여 도 6의 (d)와 같이 MBR 영역이 변경되었다면 새로운 MBR 영역을 기반으로 Rectangle Tiling을 수행하여 새로운 탐색영역으로 R2 영역을 선택할 수 있다.

[0113] 탐색이 완료된 R1 영역은 장애물이 없는 Free 영역이지만 탐색이 완료된 영역이기 때문에 장애물 영역으로 간주하여 새로운 R2 영역을 구할 때 Free 영역에 포함하지 않는 것이 특징이다. R1 영역은 다음의 알고리즘을 이용해서 구할 수 있다.

Algorithm 3

```

1. GetR1 (rectangles_list)
2. rect->distance = distance of current R1 is updated in Rectangle
   Tiling, if doesn't exist R1 them distance = 0
3.   r1 = rectangles_list->head;
4.   while (r1)
5.     r2 = r1->next;
6.     if (r2 == NULL) return r1;
7.     if (r1->size > r2->size) return r2;
8.     if (r1->size == r2->size)
9.       if (r1->distance >= r2->distance)
10.        return r1;
11.      else
12.        return r2;
13.      end if
14.     r1 = r2;
15.   end while
16. return NULL

```

[0114]

[0115] 영역 탐색부(130)에서는 다음의 알고리즘을 이용하여 미지 환경에 대한 탐색을 수행할 수 있다.

Algorithm 4

```

1. Hybrid_Exploration()
2. Init scan and makes local map (map)
3. mbr = GetMBR (map); // algorithm 2
4. rectangle_list = RectangleTiling(map, mbr);
5. r1 = getR1(rectangle_list); // algorithm 3
6. while (r1 != NULL)
7.   WallFollowing(r1);
8.   UpdateMap(r1); // algorithm 1
9.   mbr = GetMBR (map); // algorithm 2
10.  if (mbr is changed)
11.    goto line 3;
12.  end if
13.  r1 = GetR1(rectangle_list);
14. end while
15. End

```

[0116]

[0117] 미지 환경에 대한 탐색과 더불어, 로봇이 동작하는 환경의 모든 영역을 빠지지 않고 지나가야할 필요성이 있다. 따라서, 영역 탐색부(130)는 도 8에 나타낸 바와 같이, 도 6의 (c)에서 선택된 R1 영역에 대해 커버리지를 수행할 수 있도록 바둑판식(Boustrophedon) 알고리즘을 사용하여 커버리지를 수행할 수 있다.

[0118] 예를 들어, 청소 로봇의 경우, 커버리지 알고리즘을 수행함으로써 모든 영역에 대한 청소를 할 수 있는 특징이 있다. 특히, 상기와 같은 커버리지 알고리즘을 통해, 장애물이 없는 영역에서 커버리지를 수행하는 경우, 가장 좋은 효율을 가질 수 있다.

[0119] 본 발명에 따른 미지환경에서 지능형 로봇의 이동경로 생성을 위한 영역탐색 및 매핑 장치에서는 미지 환경에 동작할 수 있는 커버리지 알고리즘에 대해 다음과 같이 표현할 수 있다.

Algorithm 5.

```

1. Hybrid_Coverage()
2.   Init scan and makes local map (map)
3.   mbr = GetMBR (map);           // algorithm 2
4.   rectangle_list = RectangleTiling(map, mbr);
5.   r1 = getR1(rectangle_list);    // algorithm 3
6.   while (r1 != NULL)
7.     Coverage(r1);
8.     UpdateMap(r1);              // algorithm 1
9.     mbr = GetMBR (map);       // algorithm 2
10.    if (mbr is changed)
11.      goto line 3;
12.    end if
13.    r1 = GetR1(rectangle_list);
14.  end while
15. End

```

[0120]

[0121]

상술한 바와 같이, 본 발명에서는 로봇이 환경의 표현력을 갖는 그리드 맵과 저 메모리 사용 및 빠른 경로 검색의 특징을 가지는 토폴로지 맵의 특성을 포함하는 하이브리드 맵을 사용함으로써, 저 메모리 및 저 사양의 환경에서 동작할 수 있는 특징이 있다.

[0122]

상기 본 발명의 내용은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

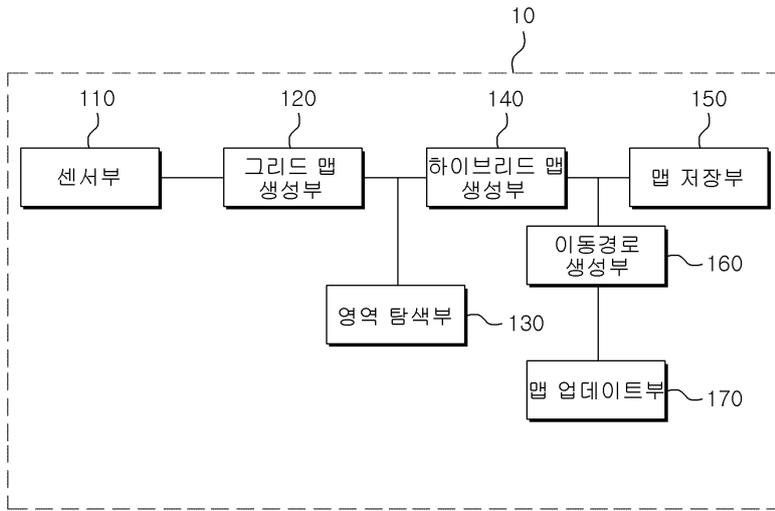
부호의 설명

[0123]

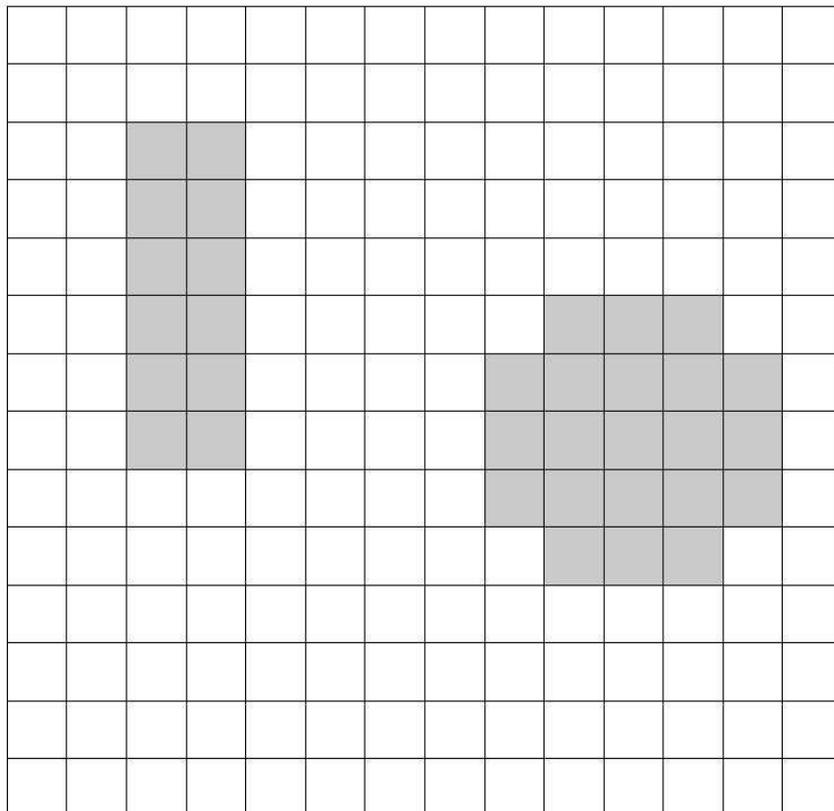
- 10 : 영역탐색 및 매핑 장치
- 110 : 센서부
- 120 : 그리드 맵 생성부
- 130 : 영역 탐색부
- 140 : 하이브리드 맵 생성부
- 150 : 맵 저장부
- 160 : 이동경로 생성부
- 170 : 맵 업데이트부

도면

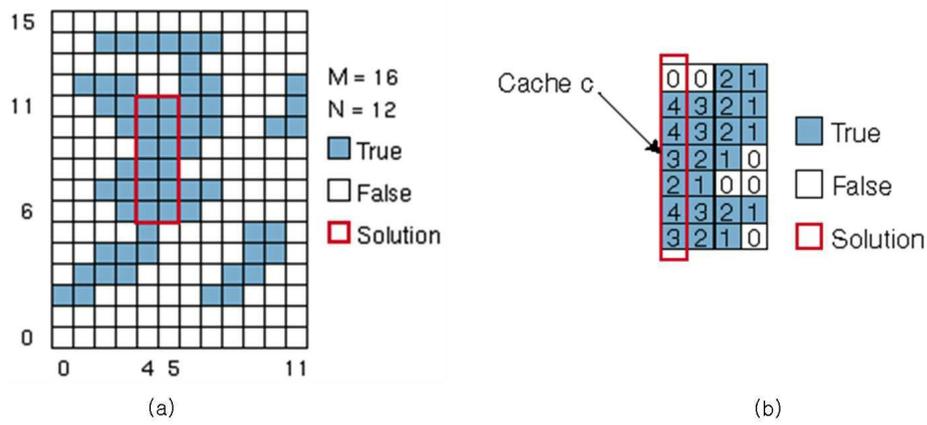
도면1



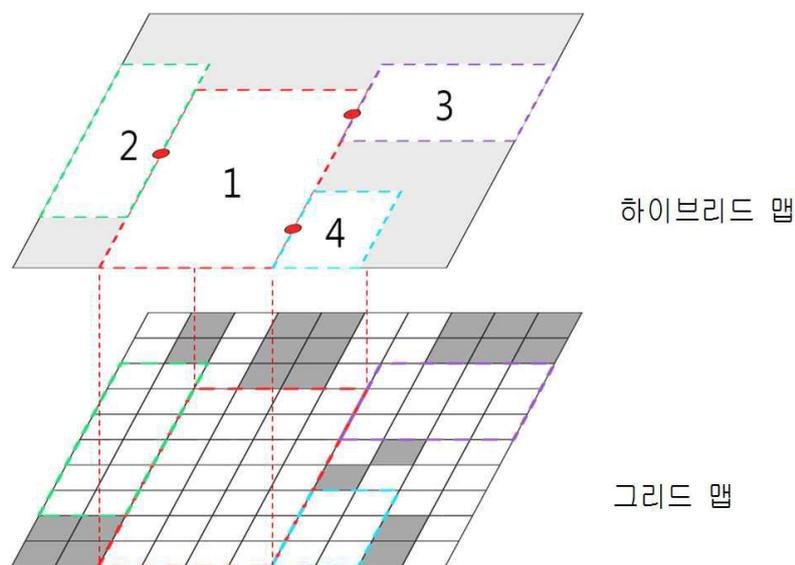
도면2



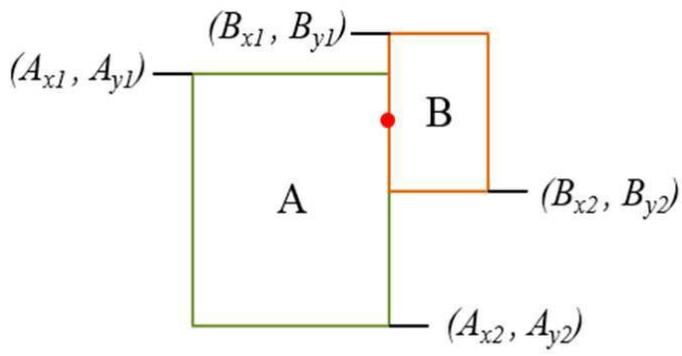
도면3



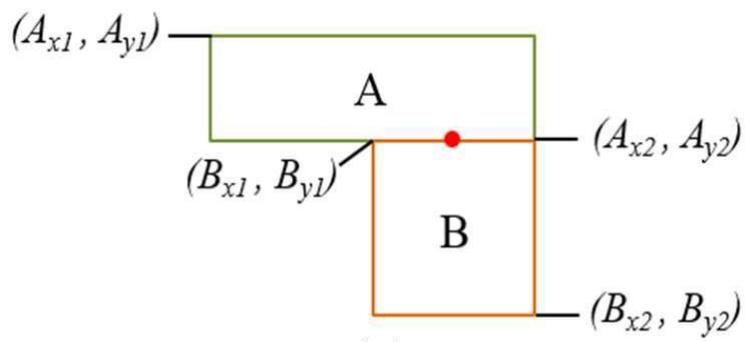
도면4



도면5

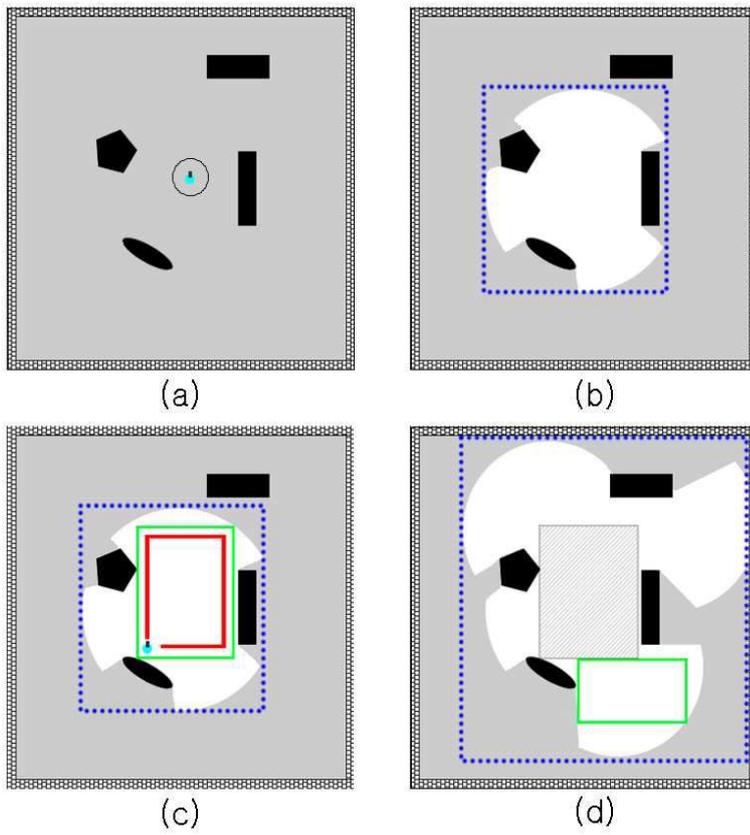


(a)

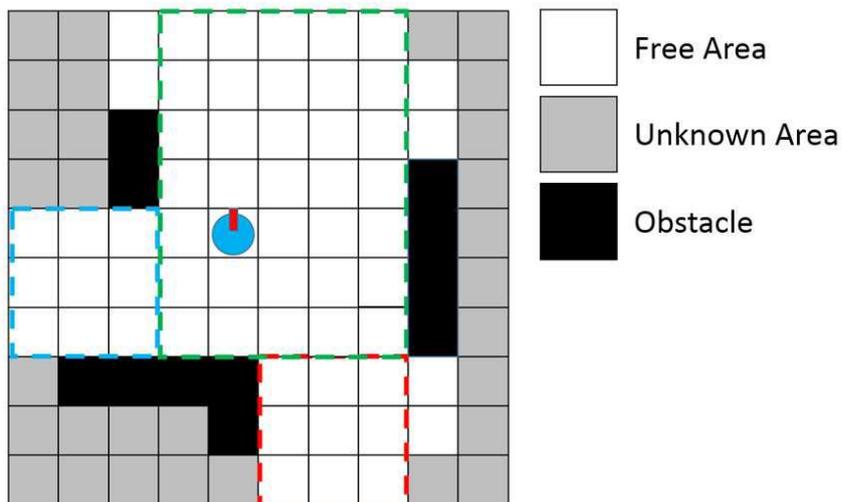


(b)

도면6



도면7



도면8

