



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년11월05일
(11) 등록번호 10-0772912
(24) 등록일자 2007년10월29일

(51) Int. Cl.

B25J 9/16 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0043988

(22) 출원일자 2006년05월16일

심사청구일자 2006년05월16일

(56) 선행기술조사문헌

JP12242332 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자

방석원

서울 강남구 일원동 718번지 샘터마을 105동 1008호

이수진

경기 용인시 기흥구 농서동 삼성종합기술원 기숙사 A동 320호

(74) 대리인

정상빈, 특허법인가산

전체 청구항 수 : 총 22 항

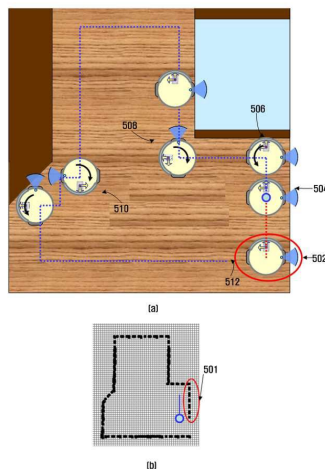
심사관 : 박태욱

(54) 절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵 작성 방법

(57) 요약

절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵(map) 작성 방법을 제공한다. 절대 방위각을 이용한 로봇은 소정의 기준 축에 대하여 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 본체의 이동 방향을 제어하는 제어부 및 제어부의 제어에 따라서 본체를 이동시키는 구동부를 포함한다.

대표도 - 도5



(56) 선행기술조사문헌

JP15065791 A

JP10260727 A

JP2004362292 A

JP59121408 A

KR100486505 B1

KR1019940007727 B1

KR20030046325 A

특허청구의 범위

청구항 1

기준 축에 대하여 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 상기 본체의 이동 방향을 제어하는 제어부;

상기 제어부의 제어에 따라서 상기 본체를 이동시키는 구동부; 및

상기 본체의 이동 경로에 따라서 맵(map)을 작성하는 드로잉부를 포함하는 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 드로잉부가 상기 맵(map)을 작성하기 이전에 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 상기 본체를 회전시켜 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 평행하게 하고, 상기 장애물의 절대 방위각은 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물이 상기 기준 축에 대하여 지향하고 있는 방향을 나타내는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 장애물의 절대 방위각은 일정 시간 동안 측정된 상기 절대 방위각의 평균값에서 상기 본체와 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물간에 형성되는 각도를 뺀 값으로 측정되는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 맵(map)은 그리드 맵(grid map)이거나 상기 드로잉부가 상기 그리드 맵(map)을 소정의 방법을 통해 스무딩(smoothing) 처리한 기하학적 모형의 맵(map)인, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 본체와 상기 측방 또는 전방에 위치하는 장애물간 거리의 범위에 있도록 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시켜 제어하는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제어부는 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리가 제1 임계치를 초과하거나 상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리가 제2 임계치 미만일 경우 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시키는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리 정보를 제공하는 제1 센서; 및

상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리 정보를 제공하는 제2 센서를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 제1 센서 또는 상기 제2 센서는 초음파 센서, 적외선 센서 및 레이저 센서 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 10

제 6항에 있어서,

상기 제어부는 상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간에 충돌이 발생한 경우 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시키는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간에 충돌이 발생한 여부를 감지하는 접촉 감지 센서를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각에 대한 정보를 제공하는 컴퍼스부; 및

상기 구동부의 동작을 감지하여 상기 본체의 이동 거리, 이동 속도 및 회전 각도에 대한 정보 중 적어도 어느 하나를 제공하는 엔코더부를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇.

청구항 13

기준 축에 대하여 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 상기 본체의 이동 방향을 제어하는 단계;

상기 제어에 따라서 상기 본체를 이동시키는 단계; 및

상기 본체의 이동 경로에 따라서 맵(map)을 작성하는 단계를 포함하는 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 맵(map)을 작성하기 이전에 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 상기 본체를 회전시켜 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 평행하게 하는 단계를 더 포함하고, 상기 장애물의 절대 방위각은 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물이 상기 기준 축에 대하여 지향하고 있는 방향을 나타내는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 장애물의 절대 방위각은 일정 시간 동안 측정된 상기 절대 방위각의 평균값에서 상기 본체와 상기 본체의 측방에 위치하는 장애물간에 형성되는 각도를 뺀 값으로 측정되는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 맵(map)은 그리드 맵(grid map)이거나 상기 그리드 맵(map)을 소정의 방법을 통해 스무딩(smoothing) 처리

한 기하학적 모형의 맵(map)인, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 18

제 13 항에 있어서,

상기 본체와 상기 측방 또는 전방에 위치하는 장애물간 거리의 범위에 있도록 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시켜 제어하는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 19

제 18항에 있어서,

상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리가 제1 임계치를 초과하거나 상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리가 제2 임계치 미만일 경우 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시키는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 20

제 18항에 있어서,

상기 본체의 측방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리 정보를 제공하는 (a)단계; 및

상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간의 거리 정보를 제공하는 (b)단계를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 21

제 20항에 있어서,

상기 (a)단계 또는 상기 (b)단계는 초음파 센서, 적외선 센서 및 레이저 센서 중 적어도 어느 하나를 이용하는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 22

제 18항에 있어서,

상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간에 충돌이 발생한 경우 상기 본체의 진행 방향을 90도 회전시키는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 23

제 22항에 있어서,

상기 본체의 전방에 위치하는 장애물과 상기 본체 간에 충돌이 발생한 여부를 감지하는 단계를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

청구항 24

제 13항에 있어서,

상기 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각에 대한 정보를 제공하는 단계; 및

상기 본체의 이동 거리, 이동 속도 및 회전 각도에 대한 정보 중 적어도 어느 하나를 제공하는 단계를 더 포함하는, 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵 작성 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <13> 본 발명은 절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵(map) 작성 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 절대 방위각을 이용하여 본체의 이동 경로를 제어하고 소정 영역의 맵(map)을 빠른 시간내에 작성하는 절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵(map) 작성 방법에 관한 것이다.
- <14> 최근, 기술의 발달에 따라 다양한 형태의 로봇이 등장하고 있으며, 특히 가정 내에서 스스로 이동하면서 인간의 일을 대신 수행하는 로봇이 등장하고 있다.
- <15> 일반적으로 로봇은, 로봇의 위치를 추정하기 위하여 로봇의 구동부(예: 바퀴)에 엔코더(encoder, 또는 주행 거리계(odometry)라고도 함)를 부착하거나, 더 나아가 로봇의 회전 각도를 정확하게 측정하기 위하여 로봇에 자이로스코프(gyroscope)(이하 ‘자이로’ 또는 ‘자이로 센서’ 라 함)를 탑재한다.
- <16> 그리고 로봇이 처음으로 접하는 영역에 대한 지도(이하 ‘맵(map)’ 이라고도 한다)를 작성하는 경우, 벽면을 따라 움직이면서(즉, Wall Following) 자이로 및 엔코더 등을 사용하여 위치를 추정하고, 벽면이면 지도를 그리게 된다. 즉, 로봇이 주어진 영역에서 주행한 궤적이 지도의 모습이 되며, 로봇의 정확한 이동제어 및 위치 추정을 위해 지속적인 연산을 수행하게 된다. 이때, 로봇이 자이로와 엔코더를 사용하여 지속적인 연산을 수행할 경우, 시간이 흐를수록 방위각 오차가 누적되어 부정확한 지도를 작성할 수 있다. 즉, 예를 들어 로봇의 위치를 추정할 때에는 바퀴의 미끄러짐 혹은 기계적 드리프트(mechanical drift)로 인하여 오차가 발생하게 되는데, 이러한 오차가 미미하더라도 계속해서 누적되면 결국 큰 오차가 생겨 문제가 발생할 수 있다.
- <17> 한편, 특허 출원 US 4821192의 “Node Map System and Method for Vehicle” 에서, 이동체 맵(map)핑 시스템은 비콘(beacon)을 반드시 필요로 하고, 노드(node)들의 연결로 맵(map)은 구성되나 하나의 노드에서 다음 노드로의 방향(direction)은 임의의 각이 될 수 있다. 또한, 이동체 맵(map)핑 시스템은 실제 벽면의 2차원적인 배치를 맵(map)으로 구성하는 것이 아니라, 로봇이 이동할 수 있는 노드, 패스(path) 및 방향으로 맵(map)이 구성된다. 또한, 방향은 컴퍼스(compass)(이하 ‘컴퍼스 센서’ 라고도 함)의 절대 방위각이 아닌 비콘과의 상대적 방위각을 이용하여 측정한다.
- <18> 또한, 특허 출원 1999-045725의 “자율 주행 로봇 및 그 조타 방법 및 시스템” 에서, 자율 주행 로봇은 초기에 기준점으로부터 로봇의 절대위치를 구한 후, 초기 위치에서 로봇의 상대 위치를 구하여 다시 절대좌표로 변환하는 방법을 사용한다. 하지만, 초기 절대위치로부터 상대거리 및 각도를 검출하면서 오차가 누적되는 문제점이 있다.
- <19> 따라서, 로봇이 종래의 오차의 누적없이 빠른 시간내에 정확한 지도 작성을 할 수 있도록 할 필요성이 제기된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <20> 본 발명은 절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵(map) 작성 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- <21> 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <22> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇은 소정의 기준 축에 대하여 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 본체의 이동 방향을 제어하는 제어부 및 제어부의 제어에 따라서 본체를 이동시키는 구동부를 포함한다.
- <23> 본 발명의 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵(map) 작성 방법은 소정의 기준 축에 대하여 본체가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 본체의 이동 방향을 제어하는 단계 및 제어에 따라서 본체를 이동시키는 단계를 포함한다.
- <24> 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.
- <25> 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

- <26> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 구조를 나타내는 블록도이다.
- <27> 도 1(a)은 본 발명의 이해를 돕기 위한 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 예로써 로봇의 평면도를 나타낸다. 이하 도 1(b)의 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 구조를 나타내는 블록도를 통해 각 구성 요소들에 대해서 상세히 설명하기로 한다.
- <28> 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇(100)은, 본체(105)를 이동시키는 구동부(110)를 비롯한 컴퍼스부(120), 엔코더부(130), 센서부(140), 제어부(150) 및 드로잉부(160)를 포함한다.
- <29> 구동부(110)는 이하에서 설명될 제어부(150)의 제어에 따라 본체(105)를 이동시킨다. 상기 구동부(110)에는 일반적으로 바퀴가 구동 수단이 될 수 있으며, 구동부(110)는 수직 관계를 이루고 있는 벽면을 따라 본체(105)를 전진, 후진 및 회전시키는 데 사용될 수 있다.
- <30> 컴퍼스부(120)는 소정의 기준 축에 대하여 본체(105)가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각에 대한 정보를 제공한다. 상기 절대 방위각은 절대 좌표계에서 정해진 기준선(축)으로부터 기울어진 각도라고 할 수 있다. 여기서, 절대 좌표계는 고정 좌표계라고도 하며 물체의 이동에 관계 없이 동일한 위치에 존재하는 좌표계를 의미한다. 컴퍼스(compass)의 경우에는 지구의 정북(기준선)을 축의 하나로 보는 절대 좌표계에서 정북방향에 대해서 기울어진 각도가 절대 방위각이 될 수 있다. 또한, 절대 좌표계를 베란다의 방향을 x축, 베란다의 수직 방향을 y축으로 정한다면 베란다의 방향에 대해서 기울어진 각도가 절대 방위각이 될 수 있다. 즉, 본체(105)의 움직임에 관계 없이 고정된 좌표계가 절대 좌표계가 되는 것이고 절대 좌표계에 대해서 기울어진 각도가 절대 방위각이 된다. 이와 같이, 컴퍼스부(120)는 절대 방위각을 사용하여 방위각 오차가 누적되지 않게 하여 정확하고 짧은 시간 내에 맵(map) 작성이 가능하도록 할 수 있다.
- <31> 엔코더부(130)는 구동부(110)의 동작을 감지하여 본체(105)의 이동 거리, 이동 속도 및 회전 각도에 대한 정보 중 적어도 어느 하나를 제공한다.
- <32> 센서부(140)는 본체(105)와 장애물간의 거리 정보를 제공한다. 상기 센서부(140)는 본체(105)의 이동 방향을 기준으로 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물과의 거리 정보를 제공하는 제1 센서(143) 및 본체(105)의 이동 방향을 기준으로 본체(105)의 전방에 위치하는 장애물과의 거리 정보를 제공하는 제2 센서(146)를 포함한다. 제1 센서(143) 및 제2 센서(146)에는 초음파 센서, 적외선 센서 및 레이저 센서 등이 이용될 수 있다. 예를 들어 센서부(140)는 초음파를 장애물로 출사하고 다시 반사되어 되돌아오는 시간을 통해 본체(105)와 장애물과의 거리를 측정할 수 있다.
- <33> 또한, 센서부(140)는 본체(105)에 접촉 감지 센서를 장착하여 본체(105)가 장애물과 접촉된 여부를 감지할 수 있으며, 본체(105)와 장애물간 접촉된 것을 감지한 경우 제어부(150)에 접촉된 정보를 제공하여 본체(105)와 장애물간 소정 거리를 유지하도록 할 수 있다. 예를 들어 접촉 감지 센서로써 범퍼(149)가 센서부(140)에 장착되어 장애물과 본체(105)간의 접촉 여부를 감지할 수 있다.
- <34> 제어부(150)는 소정의 기준 축에 대하여 본체(105)가 지향하고 있는 방향을 나타내는 절대 방위각을 이용하여 상기 본체(105)의 이동 방향을 제어한다. 상기 제어부(150)는 컴퍼스부(120), 엔코더부(130) 및 센서부(140)를 통해 제공되는 정보 중 적어도 어느 하나를 이용하여 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 본체(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각과 평행하게 한다. 상기 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각은 소정 영역(area) 내부(예를 들어 집)의 중심 방위각을 의미하며, 소정 영역 내부의 중심 방위각은 소정 영역의 내부의 기준이 되는 선을 의미한다. 즉, 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각을 측정하는 것은 초기에 소정 영역 내부의 중심 방위각을 정할 때에 측정한다. 그 이후의 제어에서는 바람직하게는 로봇의 측방 장애물의 절대 방위각은 측정하지 않으며, 기준이 되는 소정 영역 내부의 중심 방위각을 초기에 정하였으면, 그 이후의 제어에서 사용하는 기준 값은 초기에 정한 소정 영역 내부의 중심 방위각이 된다. 상기 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각은 소정의 시간 동안 측정된 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각의 평균값에서 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물간에 형성되는 각도를 뺀 값으로 측정된다. 보다 더 구체적인 측정 방법은 도 4에서 후술하기로 한다.
- <35> 그리고, 종래 로봇이 소정 영역에 대한 맵(map)을 작성하는 경우 Wall Following 방법에 따라 로봇의 측방에 위치하는 장애물을 따라 평행하게 움직이도록, 복잡한 알고리즘을 사용하여 지속적으로 로봇을 제어하던 것과 달리, 본 일 실시예에서 제어부(150)는 본체(105)를 단순히 전진시키고, 본체(105)와 본체(105)의 측방/전방에 위치하는 장애물간 소정 거리의 범위에 있도록 소정 방향으로 본체(105)를 90도 회전시켜 이동시키는 단순한 제어 동작을 수행함으로써, 본체(105)의 이동 경로에 따른 맵(map)을 빠른 시간 내에 작성할 수 있도록 한다. 즉, 본

체(105)가 전진하다가 전방에 위치하는 장애물과의 거리가 소정 거리 미만이거나, 본체(105)가 전방에 위치하는 장애물과 충돌이 발생한 경우, 제어부(150)는 소정 영역내의 중심 방위각(이하 중심 방위각이라고도 함)을 기준으로, 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물간 소정 거리의 범위에 있도록, 본체(105)를 소정 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다.

- <36> 또한, 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 벽면과의 거리가 소정 거리를 초과할 경우, 제어부(150)는 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물간 소정 거리의 범위에 있도록, 본체(105)를 소정 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다.
- <37> 드로잉부(160)는 제어부(150)를 통해 바람직하게는 측방의 센서를 이용하여 본체(105)의 이동 경로를 따라 맵(map)을 작성한다. 이때, 작성된 맵(map)은 그리드 맵(grid map)이거나 드로잉부(160)가 그리드 맵(map)을 소정의 방법을 통해 스무딩(smoothing) 처리한 기하학적 모형의 맵(map)일 수 있으며, 보다 구체적인 내용은 이하 도 7을 참조하기 바란다.
- <38> 상기 도 1에서 도시된 각각의 구성요소는 일종의 모듈로 구성될 수 있다. 여기서 모듈은 소프트웨어 또는 Field Programmable Gate Array(FPGA) 또는 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC)과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, 모듈은 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 모듈은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. 모듈은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 실행시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 모듈은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 모듈들에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 모듈들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 모듈들로 더 분리될 수 있다.
- <39> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 맵(map) 작성 방법의 순서도이다.
- <40> 집 내부의 구조물은 일반적으로 수직 관계를 이루고 있기 때문에 집 내부의 중심 방위각을 파악하여 중심 방위각의 방향과 수직 방향으로 로봇(100)을 이동시키는 단순한 알고리즘으로 손쉽게 특정 영역(Area)에 대한 지도(맵(map))를 작성할 수 있다. 상기 도 1에서 상술된 중복된 설명은 되도록 생략하며, 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 맵(map) 작성 과정을 각 단계별로 설명하기로 한다.
- <41> 먼저, 구동부(110)는 본체(105)를 이동 경로상에서 구동시켜 이동(전진)시킨다(S201). 상기 구동부(110)는 바람직하게는 바퀴와 같은 구동 가능한 휠(wheel) 형태의 구동 수단일 수 있다.
- <42> 이때, 컴퍼스부(120)는 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각에 대한 정보를 제공한다(S211). 상기 컴퍼스부(120)에는 바람직하게는 컴퍼스 센서가 이용될 수 있다.
- <43> 또한, 엔코더부(130)는 구동부(110)의 동작을 감지하여 구동부(110)의 이동 거리, 이동 속도 및 회전 각도에 대한 정보 중 적어도 어느 하나를 제공한다(S221). 즉, 엔코더부(130)는 바퀴의 동작을 감지함으로써 본체(105)의 이동 거리, 이동 속도 및 회전 각도에 대한 정보를 제공한다. 상기 엔코더부(130)에는 바람직하게는 엔코더 센서가 이용될 수 있다.
- <44> 또한, 센서부(140)는 본체(105)와 장애물과의 거리 정보를 제공한다(S231). 이때, 상기 센서부(140)는 제1 센서(143) 및 제2 센서(146)를 포함하며, 제1 센서(143)는 본체(105)의 이동 방향을 기준으로 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물과의 거리 정보를 제공하고, 제2 센서(146)는 본체(105)의 이동 방향을 기준으로 본체(105)의 전방에 위치하는 장애물과의 거리 정보를 제공한다. 상기 제1 센서(143) 및 제2 센서(146)에는 초음파 센서, 적외선 센서 및 레이저 센서 등이 이용될 수 있다.
- <45> 또한, 본체(105)에 범퍼(149)를 장착하여 전진하는 본체(105)의 범퍼(149)가 장애물에 접촉되어 범퍼(149)내의 스위치가 눌러질 경우 발생하는 신호를 통해 본체(105)의 장애물과 접촉된 여부가 감지될 수 있다. 상기 단계들(S211 내지 S231)은 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.
- <46> 다음 단계에서, 제어부(150)는 소정의 시간 동안 측정된 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각의 평균값에서 본체(105)와 본체(105)의 측방의 장애물간에 형성되는 각도를 뺀 값으로 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각을 측정한다(S241). 그리고, 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 본체

(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각과 평행하게 하고, 본체(105)를 앞으로 전진시킨다. 이를 위해 제어부(150)는 컴퍼스부(120), 엔코더부(130) 및 센서부(140)를 통해 제공되는 정보 중 적어도 어느 하나를 이용하여 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 본체(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각과 평행하게 한다.

- <47> 다음 단계에서, 드로잉부(160)는 본체(105)의 이동 경로를 따라 맵(map)을 작성한다(S251). 이때, 상기 맵(map)은 그리드 형태의 맵(map)일 수 있다.
- <48> 다음 단계에서, 드로잉부(160)는 본체(105)가 이동한 경로가 페루프를 형성하면 작성된 맵(map)을 소정의 방법을 통해 스무딩(smoothing) 처리한 기하학적 모형의 맵(map)으로 재작성하게 된다(S261, S271). 이때, 드로잉부(160)는 그리드 맵(map)을 업데이트하면서 실시간으로 스무딩 처리하여 기하학적 모형의 맵(map)으로 작성할 수도 있다.
- <49> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵(map) 작성 과정(S251)의 세부 순서도이다.
- <50> 제어부(150)는 드로잉부가 상기 맵(map)을 작성하기 이전, 초기에 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 본체(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각과 평행하게 한다.
- <51> 그리고, 본체(105)를 앞으로 전진시키면, 드로잉부(160)는 본체(105)의 이동 경로를 따라 맵(map)을 업데이트해 가며 작성하게 된다(S252). 이때, 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)와 본체(105)의 측방/전방에 위치하는 장애물간 소정 거리의 범위에 있도록 소정 방향으로 본체(105)를 90도 회전시켜 이동시키는 단순한 제어 동작을 수행함으로써, 본체(105)의 이동 경로에 따른 맵(map)을 빠른 시간 내에 작성할 수 있도록 한다. 즉, 본체(105)가 전진하는 도중, 전방에 장애물이 있거나, 본체(105)와 측방의 장애물간 소정 거리를 초과하여 멀어지게 되는 경우, 제어부(150)는 본체(105)와 장애물간에 소정 거리를 유지하도록 제어하게 된다. 예를 들어 제어부(150)는 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)의 오른쪽에 위치한 벽면이 불록하여, 본체(105)와 벽면간 거리가 소정 거리 미만이면 본체가 오른쪽/전방 벽면과 부딪힐 가능성이 있을 경우, 본체(105)가 벽면에서 멀어지도록 하여 본체(105)와 벽면간 소정 거리를 유지하도록 한다. 또한 제어부(150)는 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)의 오른쪽에 위치한 벽면이 오목하거나 벽면이 바깥쪽으로 꺾여, 본체(105)와 벽면간 거리가 소정 거리의 범위보다 초과할 경우, 본체(105)가 벽면에서 가까워 지도록 제어하여, 본체(105)와 벽면간 소정 거리를 유지하도록 한다. 이때, 제어부(150)는 본체(105)를 전방/측방 벽면(장애물)과 멀어지게 하거나 가까워지도록 제어할 때, 본체(105)를 수직 방향(즉 90도)으로 회전시켜 이동시키는 단순한 방법으로 제어하게 된다.
- <52> 상술한 원리를 활용하여, 이하 S254 및 S256의 과정에서, 본체(105)가 드로잉부(160)를 통해 맵(map)을 작성하며 진행되는 도중, 제어부(150)는 본체(105)와 본체(105)의 전방 또는 측방에 위치하는 장애물과의 거리 및 충돌 여부에 따라 본체(105)를 제어하게 된다. 이하 S254 및 S256의 과정은 발생하는 이벤트(event)에 따라 순서가 변경될 수 있음은 물론이다.
- <53> 먼저 S254 단계에서, 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)와 본체(105)의 전방에 위치하는 장애물과의 거리가 제2 임계치 미만이거나, 본체(105)가 전방에 위치하는 장애물과 충돌이 발생한 경우, 제어부(150)는 소정 영역(집) 내부의 중심 방위각을 기준으로 본체(105)를 소정 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다. 예를 들어, 본체(105)가 오른쪽에 벽면을 두고 이동할 경우, 본체(105)의 전방에 위치하는 벽면과의 거리가 제2 임계치 미만이거나, 본체(105)가 전방에 위치하는 벽면과 충돌이 발생한 경우, 제어부(150)는 중심 방위각을 기준으로 본체(105)를 왼쪽 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다.
- <54> 또한 S256 단계에서, 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물과의 거리가 제1 임계치를 초과할 경우 제어부(150)는 중심 방위각을 기준으로 본체(105)를 소정 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다. 예를 들어, 본체(105)가 오른쪽에 벽면을 두고 이동할 경우, 벽면의 수직 관계로 인해 본체(105)와 본체(105)의 오른쪽에 위치하는 벽면과의 거리가 제1 임계치를 초과할 경우가 발생할 수 있다. 이때, 제어부(150)는 중심 방위각을 기준으로 본체(105)를 오른쪽 방향으로 90도 회전시켜 이동시킨다. 벽면의 수직 관계에 따른 상술한 내용들은 이하 도 5에 예시된 집안 내부의 모형 구조를 통한 설명 내용들을 참조하기 바란다.
- <55> 이후, 상기 도 2에서 상술한 바와 같이 S261 단계에서, 본체(105)가 이동한 경로가 페루프를 형성하면 상기 작성된 맵(map)을 소정의 방법을 통해 스무딩(smoothing) 처리한 기하학적 모형의 맵(map)으로 재작성하게 된다. 이때, 드로잉부(160)는 상기 페루프를 형성하지 않고도 본체(105)가 이동하는 경로를 따라 작성되는 그리드 맵(map)을 실시간으로 스무딩 처리하여 기하학적 모형의 맵(map)으로 작성할 수도 있다.

<56> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초기 본체의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각 측정 과정을 도시한다.

<57> 제어부(150)는 컴퍼스부(120), 엔코더부(130) 및 센서부(140)를 통해 제공되는 정보 중 적어도 어느 하나를 이용하여 초기 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각에 따라 본체(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각과 본체(105)를 평행하게 한다. 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각을 측정하는 것은 초기에 소정 영역 내부의 중심 방위각을 정할 때에 측정한다. 그 이후의 제어에서는 바람직하게는 로봇의 측방 장애물의 절대 방위각은 측정하지 않으며, 기준이 되는 소정 영역 내부의 중심 방위각을 초기에 정하였으면, 그 이후의 제어에서 사용하는 기준 값은 초기에 정한 소정 영역 내부의 중심 방위각이 된다. 상기 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각은 소정의 시간 동안 측정된 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각의 평균값에서 본체(105)와 본체(105)의 측방에 위치하는 장애물간에 형성되는 각도를 뺀 값으로 측정된다. 보다 더 구체적인 측정 방법은 도 4에서 후술하기로 한다.

<58> 예를 들어 집 내부에서, 초기 본체(105)가 위치하는 벽면(장애물)의 방향을 측정하기 위해 바람직하게는 긴 벽면(예를 들어 오른쪽 벽면)에 로봇(100)의 본체(105)를 위치시킨 후, 본체(105)를 전진시킨다.

<59> 도 4(a)에 도시된 바와 같이, 본체(105)가 최초 위치하는 지점을 초기 위치라 하고, 본체(105)가 소정 거리를 전진하여 완료한 지점을 현재 위치라고 하면, 본체(105)가 일정거리를 전진하는 동안 본체(105)의 헤딩 앵글(Heading Angle) 즉, 본체(105)와 벽면이 이루는 각도(402)를 측정하게 된다.

<60> 도 4(b)에 도시된 바와 같이, 본체(105)와 벽면이 이루는 각도(402)는 바람직하게는 아래 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있다.

<61> 수학적 식 1

$$\sin^{-1} \frac{d_1 - d_0}{D}$$

<62>

<63> 상기 $d_1 - d_0$ 는 로봇(100)이 소정 거리를 전진하여 완료한 지점의 현재 위치의 본체(105)와 벽면 사이의 거리 (d_1)에서 로봇(100)이 최초 위치하는 지점인 초기 위치의 본체(105)와 벽면 사이의 거리 (d_0)를 뺀 값을 의미하며, D 는 본체(105)의 이동 거리를 의미한다.

<64> 또한, 본체(105)의 측방에 위치하는 벽면의 절대 방위각은 소정의 시간 동안 측정된 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각의 평균값에서 본체(105)와 벽면이 이루는 각도(402)를 뺀 값으로 측정될 수 있으며, 제어부(150)는 측정된 벽면의 절대 방위각에 따라 본체(105)를 회전시켜 본체(105)의 측방에 위치하는 벽면의 절대 방위각과 평행하게 한다. 초기 본체(105)의 측방에 위치하는 벽면의 절대 방위각, 즉 집 내부의 중심 방위각은 바람직하게는 아래 수학적 식 2와 같이 정의될 수 있다.

<65> 수학적 식 2

$$\tilde{\theta}_0 - \sin^{-1} \frac{d_1 - d_0}{D}$$

<66>

<67> $\sin^{-1} \frac{d_1 - d_0}{D}$ 은 상기 본체(105)와 벽면이 이루는 각도(402)를 의미하며, $\tilde{\theta}_0$ 은 소정의 시간 동안 측정된 본체(105)가 지향하고 있는 절대 방위각의 평균값을 의미한다.

<68> 이때, 소정의 시간 동안 측정된 절대 방위각의 평균값($\tilde{\theta}_0$)은 바람직하게는 아래 수학적 식 3과 같이 정의될 수 있다.

<69>

수학식 3

$$\tilde{\theta}_0 = \frac{\sum_{k=1}^N \Theta_k}{N}$$

<70>

<71>

상기 N은 로봇(100)이 전진하는 동안 컴퍼스 (센서)의 측정 횟수를 의미하고, 이때 컴퍼스의 샘플링 시간 (sampling time)이 ts(msec)이고, 최초 본체(105)가 위치하는 벽면(장애물)의 방향을 계산하기 위해 본체(105)가 전진하는 동안 걸리는 시간이 T 라면, $N = T/ts$ 로 정의될 수 있다. 또한, 상기 수학식 3의 Θ_k 은 k번째 샘플링 시간의 절대 방위각을 나타낸다.

<72>

이후, 제어부(150)는 본체(105)를 단순히 전진시키고, 본체(105)와 본체(105)의 측방/전방에 위치하는 장애물간 소정 거리의 범위에 있도록 소정 방향으로 본체(105)를 90도 회전시켜 이동시키는 단순한 제어 동작을 수행함으로써, 본체(105)의 이동 경로에 따른 맵(map)을 빠른 시간 내에 작성할 수 있도록 한다.

<73>

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 이동 경로 과정 및 그에 따른 맵(map) 작성의 일 예를 도시한다.

<74>

상기 도 2 및 도 3의 순서도에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 이동 경로 과정 및 그에 따른 맵(map) 작성의 단계를 집 내부의 모형 구조를 예로 들어 설명하기로 한다.

<75>

도 5(a)에 도시된 바와 같이, 집 내부에서 최초 로봇(100)의 본체(105)를 집 내부의 메인(main)이 되는 긴 벽면 (예를 들어 오른쪽 벽면)에 위치시킨 후 전진시킨다(502). 이때, 제어부(150)는 오른쪽 벽면의 절대 방위각을 상기 도 4의 방법으로 측정하여 본체(105)를 중심 방위각에 따라 회전시켜 오른쪽 벽면과 평행하게 한다. 그리고, 제어부(150)는 종래에 로봇이 소정 영역에 대한 맵(map)을 작성하는 경우 Wall Following 방법에 따라 로봇의 측방에 위치하는 벽면을 따라 평행하게 움직이도록 복잡한 알고리즘을 사용하여 지속적으로 로봇을 제어하던 것과 달리, 본체(105)를 단순히 전진시키고, 본체(105)와 본체(105)의 측방/전방에 위치하는 벽면간 소정 거리의 범위에 있도록 소정 방향으로 본체(105)를 90도 회전시켜 이동시키는 단순한 제어 동작으로 본체(105)를 제어한다. 그리고, 드로잉부(160)는 제어부(150)를 통해 바람직하게는 측방의 센서를 이용하여 본체(105)의 이동 경로를 따라 맵(map)을 작성한다. 상기 맵(map)은, 도 5(b)에 도시된 바와 같이 그리드 형태의 맵(map)(501)일 수 있다.

<76>

이때, 예를 들어 본체(105)의 측면/전면에 초음파 센서를 장착하여 본체(105)의 측방/전방에 위치하는 벽면(장애물)과의 거리 정보를 제공할 수 있다(504). 상기 거리 정보는 초음파 센서가 초음파를 벽면으로 출사하고 다시 수신함으로써 본체(105)와 벽면간의 거리를 측정할 수 있으며, 이에 따라 맵(map)이 업데이트되어 작성된다. 또한, 본체(105)의 전면에 접촉 감지 센서(예를 들어 범퍼(149))를 장착하여 본체(105)가 전방의 장애물과 접촉된 여부를 감지할 수 있도록 할 수 있다.

<77>

그리고 본체(105)가 전진하는 도중, 본체(105)와 본체(105)의 전방에 위치하는 장애물과 충돌이 발생한 경우, 제어부(150)는 본체(105)를 왼쪽 방향으로 90도 회전시킨 후, 다시 전진시킨다(506).

<78>

또한 본체(105)가 전진하는 도중, 집 내부의 수직 관계로 인해 본체(105)와 본체(105)의 오른쪽에 위치하는 벽면과의 거리가 제1 임계치를 초과할 경우, 제어부(150)는 본체(105)를 오른쪽 방향으로 90도 회전시킨 후, 다시 전진시킨다(508).

<79>

또한 본체(105)가 경사진 벽면을 이동할 경우, 상기한 동일한 원리로 제어부(150)는 소정의 기준치에 따라 본체(105)와 측방의 벽면간의 거리 및 전방의 장애물과의 거리에 따라 본체(105)를 제어하게 된다. 즉, 제어부(150)는 본체(105)와 본체(105)의 오른쪽에 위치하는 벽면과의 거리가 제1 임계치를 초과할 경우, 본체(105)를 오른쪽 방향으로 90도 회전시킨 후 전진시키고, 또한 제어부(150)는 본체(105)와 본체(105)의 전방에 위치하는 장애물과 충돌이 발생한 경우 본체(105)를 왼쪽 방향으로 90도 회전시킨 후 전진시킨다(510).

<80>

이와 같이 본체(105)와 벽면간의 거리(거리)에 따라 좌측/우측으로 본체(105)를 90도 회전시켜 본체가 벽면과 소정 거리의 범위 내에 있도록 제어 함으로써, 단순한 제어 동작으로 본체(105)의 이동 경로에 따른 맵(map)을 빠른 시간 내에 작성할 수 있다. 이때, 본체(105)는 컴퍼스부(120)에 자이로 센서 및 컴퍼스 센서를 장착하여

상기 수직 방향(90도 회전)에 따른 단순 제어를 할 수 있도록 구성할 수 있다.

- <81> 로봇(100)의 본체(105)가 집 내부의 영역을 돌며 본체(105)의 초기 위치로 재위치하여 페루프를 형성하면(512), 이후 작성된 맵(map)을 스무딩(smoothing) 처리하여 보다 매끄럽게 처리할 수 있다.
- <82> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇(100)의 이동 경로에 따라 시뮬레이션(simulation)한 결과 화면을 도시한다.
- <83> 도 6(a)은, 건물의 내부 구조를 따라 본체(105)의 이동 경로에 따라 시뮬레이션한 화면을 보여 주며, 도 6(b)는 상기 도 6(a)에서 시뮬레이션한 결과 화면으로서, 본체(105)가 초기 위치에서 출발하여 다시 초기 위치로 재위치하여 페루프를 형성하기까지의 작성된 그리드 맵(map)을 일 예로써 나타내고 있다. 화면의 녹색 부분이 본체(105)의 실제 이동 경로(602)를 나타내며, 로봇의 위치와 측면 감지 센서가 측정한 벽까지의 거리를 이용하여 벽면의 맵을 그린다. 이와 같은 그리드 맵(map)은 이하 도 7의 방법으로 기하학적 모형의 맵(map)으로 재작성될 수 있다.
- <84> 도 7은 맵(map) 스무딩(map smoothing) 처리 기법의 일 예를 도시한다.
- <85> 상술된 맵(map)의 표현 방식에는 예를 들어 아큐펜시 그리드(occupancy grid)와 팔러저널 맵(map)(polygonal map)이 있다.
- <86> 도 7(a)에 도시된 바와 같이, 예를 들어 아큐펜시 그리드는 맵(map) 업데이트(map update)를 통해서 작성되는 그리드 맵(map)으로서, 각 그리드에는 장애물이 존재할 확률을 0(zero) 내지 15의 수치로 나타낸다. 즉 수치가 커질수록 장애물이 존재할 확률이 높아지며, 0이면 그 그리드에는 장애물이 존재하지 않다는 것을 나타낸다.
- <87> 도 7(b)에 도시된 바와 같이, 예를 들어 팔러저널 맵(map)은 장애물(벽면)의 경계선을 기하학적 모형(예를 들어 선, 다각형, 원 등)으로 나타낸다. 즉, 팔러저널 맵(map)은 아큐펜시 그리드를 이미지로 저장한 후 이미지 프로세싱에서 사용하는 “Split and Merge”를 통해서 각 그리드를 선이나 곡선으로 표시(즉 맵(map) 스무딩(map smoothing))하게 되고, 상기 선이나 곡선으로 맵(map)을 간단하게 표현할 수 있게 된다. 예로써, 팔러저널 맵(map)은 CGOB(Certainty Grid to Object Boundary)라는 방법을 통해서 아큐펜시 그리드를 업데이트하면서 실시간으로 작성될 수 있다. 보다 구체적인 내용은 “John Albert Horst and Tsung-Ming Tsai, Building and maintaining computer representations of two-dimensional mine maps”를 참조하기 바란다.
- <88> 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

발명의 효과

- <89> 상기한 바와 같은 본 발명의 절대 방위각을 이용한 로봇 및 이를 이용한 맵(map) 작성 방법에 따르면 다음과 같은 효과가 하나 혹은 그 이상 있다.
- <90> 첫째, 단순한 제어 동작으로 짧은 시간 내에 방위각에 대한 오차의 누적없이 특정 영역에 대한 맵(map) 작성이 가능한 장점이 있다.
- <91> 둘째, 단순한 로봇의 구성으로 구성의 간편성 및 효율성을 증대시키는 장점도 있다.

도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 구조를 나타내는 블록도이다.
- <2> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵(map) 작성 방법의 순서도이다.
- <3> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 맵(map) 작성 과정(S251)의 세부 순서도이다.
- <4> 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초기 본체의 측방에 위치하는 장애물의 절대 방위각 측정 과정을 도시한다.
- <5> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 이동 경로 과정 및 그에 따른 맵(map) 작성의 일 예를 도시한다.
- <6> 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 절대 방위각을 이용한 로봇의 이동 경로에 따라 시뮬레이션(simulation)한

결과 화면을 도시한다.

<7> 도 7은 맵(map) 스무딩(map smoothing) 처리 기법의 일 예를 도시한다.

<8> <도면의 주요 부분에 관한 부호의 설명>

<9> 100: 로봇 105: 본체

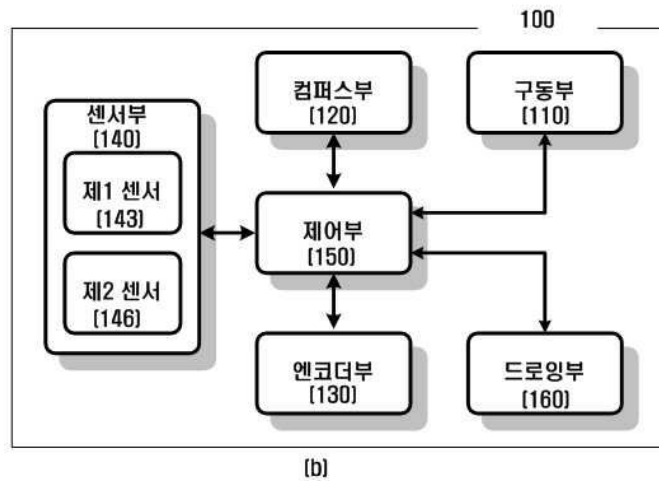
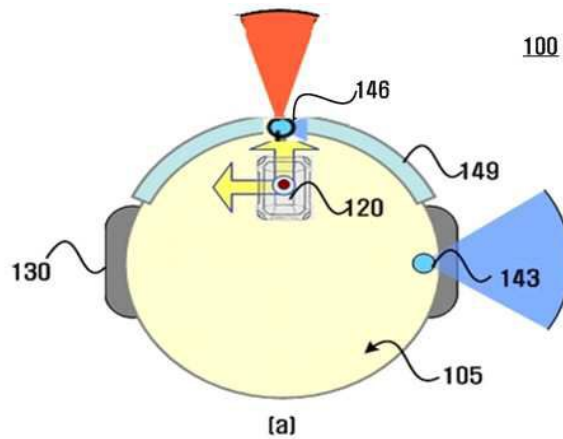
<10> 110: 구동부 120: 컴퍼스부

<11> 130: 엔코더부 140: 센서부

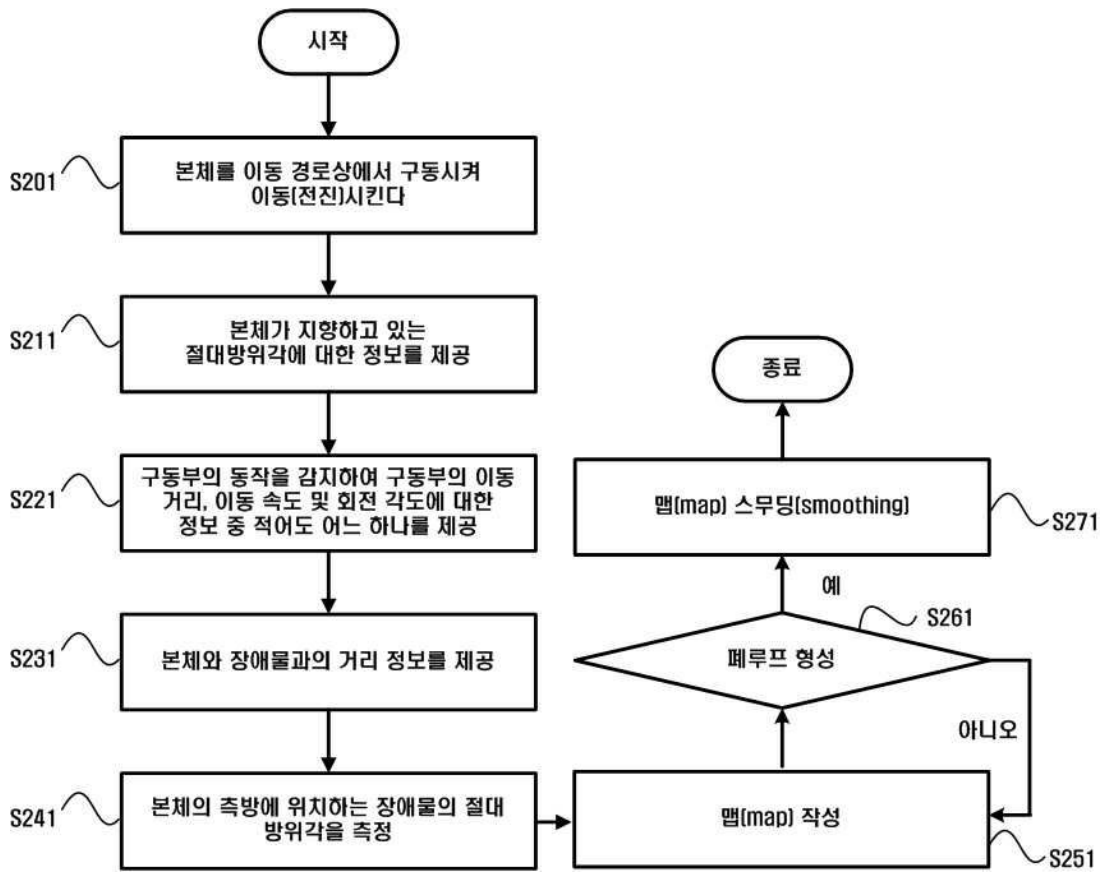
<12> 150: 제어부 160: 드로잉부

도면

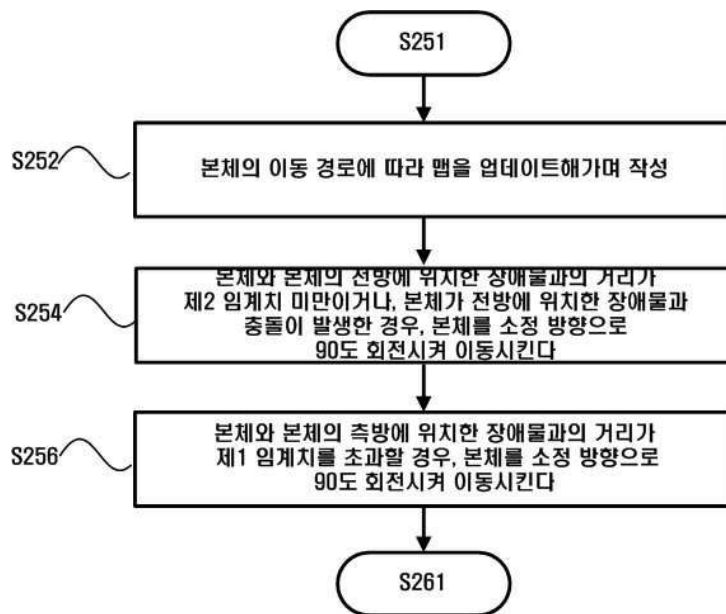
도면1



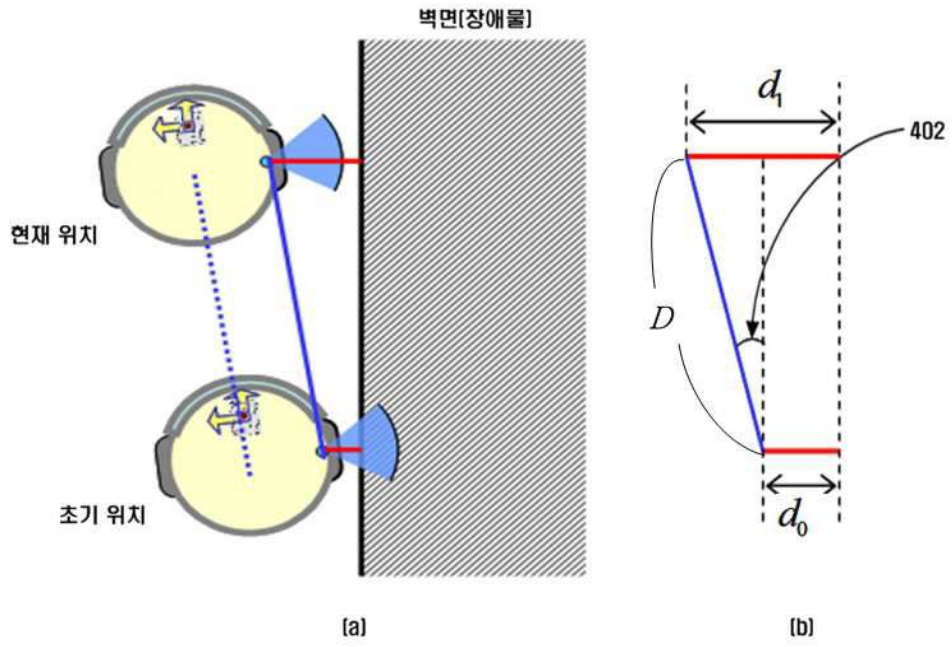
도면2



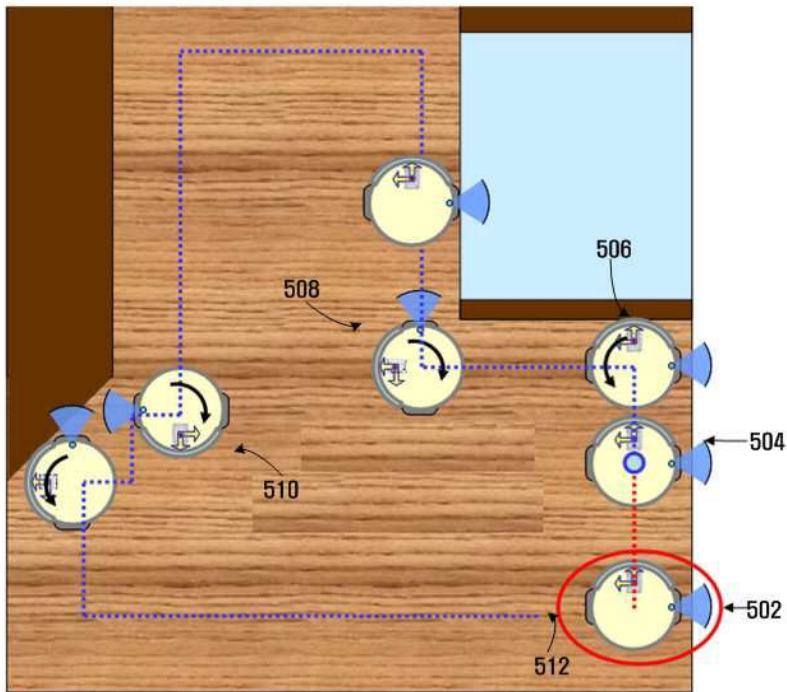
도면3



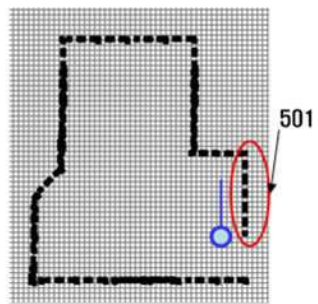
도면4



도면5

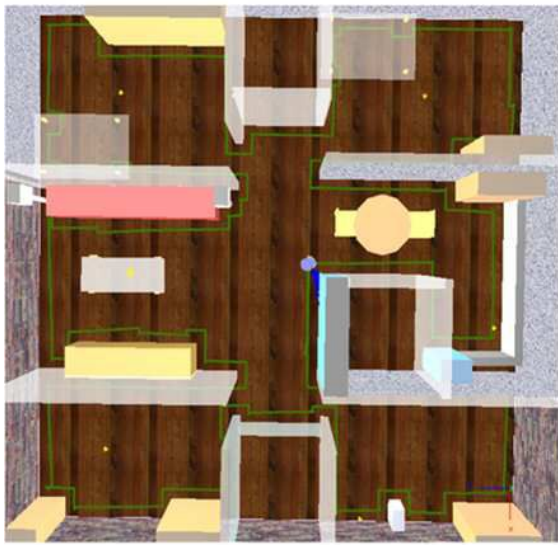


(a)

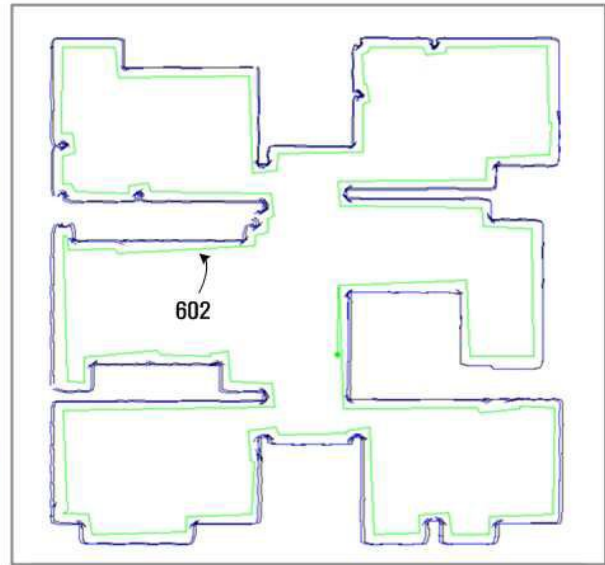


(b)

도면6

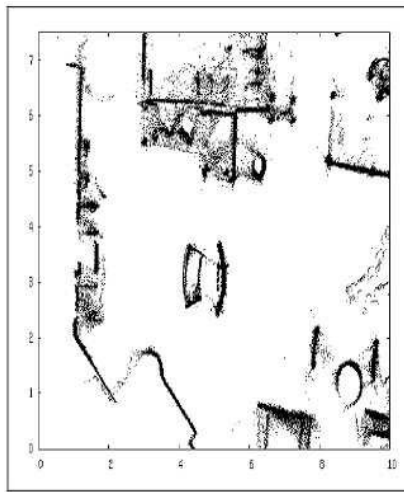


(a)

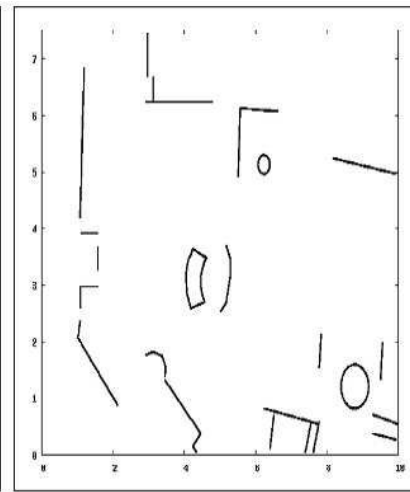


(b)

도면7



(a)



(b)