



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월21일
(11) 등록번호 10-1214757
(24) 등록일자 2012년12월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7016060

(22) 출원일자(국제) 2006년12월04일

심사청구일자 2010년03월19일

(85) 번역문제출일자 2008년07월01일

(65) 공개번호 10-2008-0072962

(43) 공개일자 2008년08월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2006/046395

(87) 국제공개번호 WO 2007/065030

국제공개일자 2007년06월07일

(30) 우선권주장

60/741,442 2005년12월02일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20050000543 A1

전체 청구항 수 : 총 9 항

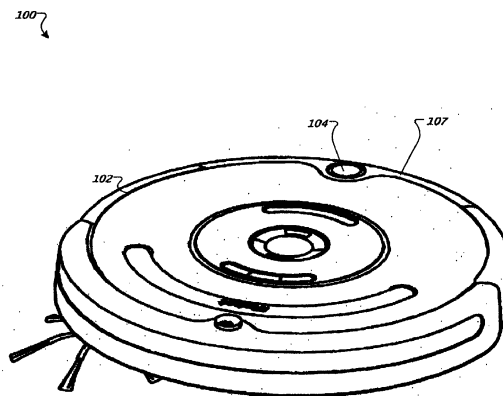
심사관 : 문형섭

(54) 발명의 명칭 자동 커버리지 로봇 운행 시스템

(57) 요약

인접한 한정된 영역(204; 206)들을 위한 본 발명의 자동 이동 로봇 시스템은 운행 비컨(150, 202, 203, 304)과, 자동 커버리지 로봇(100, 212, 302)을 포함한다. 운행 비컨은 운행 비컨이 제1 한정 영역(204)과 제2 한정 영역(206) 사이의 관문(210) 내에 배치된 채로, 관문 표시 방출(208, 316)을 송신하도록 배열된 관문 비컨 방출기(152)를 갖는다. 자동 커버리지 로봇은 비컨 방출에 응답하는 비컨 방출 센서(104, 106)와, 로봇이 관문 표시 방출(208, 316)을 검출하는 것에 응답하여 방향 전환되는 청소 모드에서 로봇을 제1 한정 영역(204)에 대해 움직이도록 구성된 주행 시스템(130, 132)을 포함한다. 주행 시스템은 또한 이주 모드에서 로봇을 관문(210)을 통해 제2 한정 영역(206) 내로 움직이도록 구성된다.

대표도 - 도1A



(72) 발명자

맘멘 제프리 더블유.

미국 01886 매사추세츠주 웨스트포드 보보링크 로드 3

할로란 마이클 제이.

미국 02453 매사추세츠주 왈담 커닝햄 씨클 11

산딘 파울 이.

미국 03033 뉴햄프셔주 브룩라인 로렐 크레스트 22

원 치경

미국 01876 매사추세츠주 테옥스버리 윈드햄 로드 42

특허청구의 범위

청구항 1

자동 커버리지 로봇(100, 212, 302)이며,
전방 주행 방향을 형성하는 새시(102)와,
새시(102) 상에 장착되는 제어기(103)와,
새시(102) 상에 장착되는 전방향성 수신기(104, 222, 322)와,
새시(102)의 전방 부분 상에 배치되어, 새시(102)의 전방 부분 상으로 입사되는 방출에 응답하는 방향성 수신기(106, 218, 318)를 포함하고,
방향성 수신기(106, 218, 318)는,
주행 방향과 정렬된 제1 및 제2 개구(110, 112)를 형성하는 장착 리셉터클(108)과,
리셉터클(108) 내에 수용되어, 각각 제1 및 제2 개구(110, 112)를 통해 수신된 방출에 응답하도록 위치된 제1 및 제2 구성요소 수신기(114, 116)를 포함하고,
구성요소 수신기들은 각각 상기 방출에 응답하여 각각의 신호를 발생시키도록 구성되고,
제어기(103)는 구성요소 수신기(114, 116)에 의해 발생된 신호에 기초하여 주행 방향에 관한 방출의 방향을 결정하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 2

제1항에 있어서, 방향성 수신기(106, 218)의 제1 및 제2 구성요소 수신기(114, 116)들은 그들 사이에 1 내지 15° 사이의 각도(111)를 형성하도록 위치되고, 그리고/또는 방향성 수신기(106, 218, 318)의 제1 및 제2 구성요소 수신기(114, 116)들은 로봇으로부터 3 내지 5 미터 사이의 지점에서 포커싱되도록 시준되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제어기(103)는 로봇을 조작하여 전방향성 수신기(104)로 방출을 검출하고, 검출에 응답하여, 로봇 주행 방향을 방향성 수신기(106)의 구성요소 수신기(114, 116)에 의해 발생된 신호에 기초하여 검출된 방출의 결정된 방향과 정렬시키도록 새시(102)를 배향하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 제어기(103)는 방향성 수신기(106)에 의한 방출의 검출에 응답하여, 로봇 주행 방향을 방향성 수신기(106)의 구성요소 수신기(114, 116)에 의해 발생된 신호에 기초하여 검출된 방출의 결정된 방향과 정렬시키도록 새시(102)를 배향하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 전방향성 수신기(104, 222, 322)는,
상부(124)를 가지며, 내측 공동(126)을 형성하는 하우징(118)과,
하우징(118)의 상부 상에 입사된 방출을 공동(126) 내로 반사시키도록 공동(126)의 상부 표면 상에 배치된 원추형 반사기(120)와,
원추형 반사기(120) 아래의 공동(118) 내에 배치된 방출 수신기(122)를 포함하는 자동 커버리지 로봇.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 수신기(104, 106)는 적외선의 송신을 수신하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 7

제1항에 있어서,

새시(102) 상에 장착되는 바닥 청소 조립체(140)와,

새시(102) 상에 장착되고, 청소 조립체(140)에 의해 바닥으로부터 제거된 부스러기를 수집하도록 배치된 청소통(142)과,

청소통(142)이 한도에 도달하였음을 표시하는 신호를 발생시켜 제어기(103)가 도킹 시퀀스를 개시하게 하도록 구성된 통 센서를 더 포함하는 자동 커버리지 로봇.

청구항 8

제4항에 있어서, 수신기(104, 106)는 적외선의 송신을 수신하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 9

제5항에 있어서, 수신기(104, 106)는 적외선의 송신을 수신하도록 구성되는 자동 커버리지 로봇.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 로봇에 관한 것이고, 특히 자동 커버리지 로봇 및 관련 운행 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 자동 로봇은 연속적인 사람의 안내가 없이 비조작화 환경에서 원하는 작업을 수행할 수 있는 로봇이다. 많은 종류의 로봇은 어느 정도 자동적이다. 상이한 로봇들은 상이한 방식으로 자동적일 수 있다. 자동 커버리지 로봇은 하나 이상의 작업을 수행하기 위해 연속적인 사람의 안내가 없이 작업 표면을 횡단한다. 가정, 사무실 및 /또는 소비자 지향형 로봇 공학의 분야에서, 진공 청소, 바닥 세척, 순찰, 잔디 깎기 및 다른 그러한 작업과 같은 가사 기능을 수행하는 이동 로봇이 널리 채택되어 있다.

발명의 상세한 설명

[0003] 일 태양에서, 자동 커버리지 로봇은 전방 주행 방향을 형성하는 새시와, 새시에 의해 보유되는 제어기와, 새시에 의해 보유되는 전방향성(omni-directional) 수신기와, 새시의 전방 부분 상에 배치되어, 주행 방향으로부터 새시의 전방 부분 상으로 입사하는 방출에 응답하는 방향성 수신기를 포함한다. 방향성 수신기는 주행 방향과 실질적으로 정렬된 제1 및 제2 개구를 형성하는 장착 리셉터클과, 리셉터클 내에 수용되어, 각각 제1 및 제2 개구를 통해 수신된 방출에 응답하도록 위치된 제1 및 제2 구성요소 수신기를 포함한다. 구성요소 수신기들은 각각 방출에 응답하여 각각의 신호를 발생시키도록 구성된다. 제어기는 구성요소 수신기에 의해 발생된 신호에 기초하여 주행 방향과 관련하여 방출의 방향을 결정하도록 구성된다.

[0004] 방향성 수신기는 새시의 전방 부분 상에 설치되어, 장착 리셉터클 내에 수용된다. 장착 구조는 도킹을 위해 그리고 공간 전반에 걸친 운행을 위해 사용되는 방향성 수신기를 안정화하고 지지한다. 방향성 수신기는 원거리로부터의 중첩 신호의 피크를 검출할 수 있는 점에서 고도로 방향성이며, 그러한 피크를 사용하는 비임의 공급원에 근거하여 서보 제어하는 2개의 검출기를 포함한다. 일례에서, 방향성 수신기의 제1 및 제2 구성요소 수신기들은 그들 사이에 약 1 내지 15° 사이의 각도를 형성하도록 위치된다. 또한, 제1 및 제2 구성요소 수신기들은 로봇으로부터 약 3 내지 5 미터 사이의 지점에서 또는 각각의 한정된 영역 내의 임의의 지점 상에서 포커싱

되도록 시준될 수 있다.

- [0005] 제어기는 전방향성 수신기로 방출을 검출하도록 로봇을 움직이고, 검출에 응답하여, 로봇 주행 방향을 방향성 수신기의 구성요소 수신기에 의해 발생된 신호에 기초하여 결정된 방출 방향과 정렬시키도록 새시를 배향한다. 제어기는 방향성 수신기로 검출된 방출에 응답하여, 로봇 주행 방향을 방향성 수신기의 구성요소 수신기에 의해 발생된 신호에 기초하여 결정된 방출 방향과 정렬시키도록 새시를 배향한다. 수신기는 적외선 송신을 수신하도록 구성될 수 있다.
- [0006] 하나의 구현예에서, 전방향성 수신기는 상부를 가지며, 내측 공동, 원추형 반사기, 및 방출 수신기를 형성하는 하우징을 포함한다. 상부는 내측 공동 내로의 방출의 투과를 허용한다. 원추형 반사기는 하우징의 상부 상에 입사한 방출을 공동 내로 반사시키도록 공동의 상부 표면 상에 배치된다. 방출 수신기는 원추형 반사기 아래의 공동 내에 배치된다.
- [0007] 일례에서, 로봇은 새시에 의해 보유되는 바닥 청소 조립체와, 새시에 의해 보유되어, 청소 조립체에 의해 바닥으로부터 제거된 부스러기를 수집하도록 배열된 청소통과, 통 센서를 포함한다. 통 센서는 제어기가 도킹 시퀀스를 개시하게 하는 한도까지 채워진 청소통을 표시하는 신호를 발생시키도록 구성된다.
- [0008] 다른 태양에서, 한정된 영역을 위한 자동 이동 로봇 시스템은 운행 비컨(beacon)과 자동 커버리지 로봇을 포함한다. 운행 비컨은 운행 비컨이 제1 한정 영역과 인접한 제2 한정 영역 사이의 관문 내에 배치된 채로, 관문 표시 방출을 송신하도록 배열된 관문 비컨 방출기를 갖는다. 자동 커버리지 로봇은 비컨 방출에 응답하는 비컨 방출 센서와, 로봇이 관문 표시 방출을 검출하는 것에 응답하여 방향 전환되는 청소 모드에서 로봇을 제1 한정 영역에 대해 움직이도록 구성된 주행 시스템을 포함한다. 주행 시스템은 또한 이주 모드에서 로봇을 관문을 통해 제2 한정 영역 내로 움직이도록 구성된다.
- [0009] 비컨은 인접한 공간 내로 "유출"되지 않도록 벽에 의해 쉽게 정지되는 관문 표시 방출을 위한 적외선 신호 또는 임의의 다른 유형의 신호를 방출하고, 로봇이 위치된 현재의 공간 또는 장소를 고유하게 식별하도록 구성될 수 있다.
- [0010] 하나의 구현예에서, 로봇은 청소 모드에서 관문 표시 방출을 검출하는 것에 응답한 로봇 방향 전환 시에 제1 한정 영역 내에 머무른다. 관문 표시 방출은 적외선일 수 있고, 비컨 방출 센서는 적외선 송신을 검출하도록 구성된다.
- [0011] 다른 구현예에서, 주행 시스템은 미리 설정된 시간 간격 동안 청소 모드에서 로봇을 제1 한정 영역에 대해 움직이고, 시간 간격의 만료 시에 이주 모드를 자동으로 개시하도록 구성된다. 주행 시스템은 이주 모드에서 로봇을 관문 방출을 가로질러 움직이도록 구성된다.
- [0012] 또 다른 구현예에서, 구동 시스템은 관문 표시 방출과의 미리 설정된 회수의 마주침이 검출될 때까지 청소 모드에서 로봇을 제1 한정 영역에 대해 움직이고, 그 다음 이주 모드를 자동으로 개시하도록 구성된다. 하나의 공간 또는 선택된 공간 내에서의 커버리지 로봇의 체류 시간은 또한 타이머 또는 스케줄, 특정 비컨의 근접 비임과의 충돌 또는 상호 작용의 회수, 오물 또는 부스러기 검출의 특정 또는 회수, 잔여 배터리 수명, 및 유지?보수 또는 원격 제어 오버라이드에 의해 설정될 수 있다.
- [0013] 일례에서, 로봇은 로봇이 움직일 때 바닥으로부터 부스러기를 제거하는 바닥 청소 시스템을 포함한다.
- [0014] 몇몇 예에서, 로봇은 이주 모드에서 관문 방출의 송신을 중단하도록 비컨에 신호를 보내는 송신기를 포함한다.
- [0015] 다른 예에서, 운행 비컨은 비컨이 관문 내에 배치된 채로 제1 한정 영역 내로 방향성 벡터링 방출을 송신하도록 배열된 벡터링 비컨 방출기를 포함한다. 로봇 주행 시스템은 이주 모드에서 벡터링 방출과 마주치면 로봇을 비컨을 향해 지향시키도록 구성된다. 운행 비컨은 약 45 내지 90° 사이의 관문 횡단 방향에 인접한 각도로, 적외선일 수 있는 방향성 벡터링 방출을 송신한다. 로봇은 이주 모드에 있을 때, 방향성 벡터링 방출의 검출에 응답하여 운행 비컨의 위치를 분별하고, 방향성 벡터링 방출에 의해 형성된 방출 경로와 관련하여 로봇에 의해 형성되는 주행 방향을 정렬시킨다. 로봇은 관문에 도달하여 그를 횡단하도록 방출 경로를 따라 전진한다. 운행 비컨은 또한 비컨 주위에서 측방으로 근접 방출을 송신할 수 있고, 로봇은 근접 방출 내에서 청소 및 이주를 회피한다.
- [0016] 몇몇 예에서, 로봇은 청소 모드에 있을 때 방향성 벡터링 방출을 불활성화하고, 이주 모드에 있을 때 방향성 벡터링 방출을 활성화하도록, 운행 비컨과 무선 통신한다. 다른 예에서, 로봇은 이주 모드를 개시할 때, 원격으로 운행 비컨의 방향성 벡터링 방출을 활성화하며 관문 방출을 불활성화한다. 또한, 로봇은 이주 모드를 종결

할 때, 원격으로 운행 비컨의 방향성 벡터링 방출을 불활성화하며 관문 방출을 활성화한다. 로봇은 무선 주파수 통신으로 운행 비컨의 방출을 원격으로 활성화 및 불활성화한다. 운행 비컨은 또한 로봇과 스케줄 정보를 교환하도록 구성될 수 있다.

[0017] 시스템은 또한 한정된 영역들 중 하나 내에 위치한 베이스 스테이션을 포함할 수 있다. 베이스 스테이션은 로봇이 적절하게 도킹할 수 있는 도킹 방향을 형성하는 베이스와, 베이스 내에 수용된 로봇 충전기를 포함한다. 전방향성 비임 방출기가 베이스 상에 장착되어, 도킹 스테이션 둘레에서 측방으로 근접 비임을 투사하도록 구성될 수 있다. 2개의 운행 필드 방출기가 베이스 내에 수용되어, 각각의 측방으로 한정되고 중첩된 신호 비임의 방출 필드를 각각 방출하도록 배열된다. 방출된 필드들 중 하나는 도킹 방향과 정렬되어 다른 필드에 의해 중첩된 측방 필드 모서리를 형성한다. 베이스 스테이션의 2개의 운행 필드 방출기들은 그들 사이에 약 45 내지 90° 사이의 각도를 형성하도록 위치된다. 베이스 스테이션의 2개의 운행 필드 방출기의 방출 필드는 적외선일 수 있다.

[0018] 다른 태양에서, 한정된 영역들 사이에서 자동 커버리지 로봇을 운행시키는 방법은 인접한 제1 및 제2 한정 영역들 사이의 관문 내에 운행 비컨을 위치시키는 단계를 포함한다. 비컨은 관문을 가로질러 관문 표시 방출을 송신하도록 구성된다. 몇몇 예에서, 운행 비컨은 또한 비컨 주위에서 측방으로 근접 방출을 송신할 수 있고, 로봇은 근접 방출 내에서 청소 및 이주를 회피한다. 방법은 또한 커버리지 로봇을 제1 한정 영역 내에 위치시키는 단계를 포함한다. 로봇은 청소 모드에서 제1 한정 영역을 자동으로 횡단하고, 관문 내의 관문 표시 방출과 마주치면, 로봇은 제1 한정 영역 내에 머물러서 제2 영역 내로의 로봇 이주를 회피한다. 제1 영역 내에서의 청소 모드의 종결 시에, 로봇은 관문을 통해 비컨을 지나 제2 한정 영역 내로 이동하도록 이주 모드를 자동으로 개시한다.

[0019] 몇몇 예에서, 로봇은 원격으로 이주 모드를 개시할 때 운행 비컨의 관문 표시 방출을 불활성화하며 이주 모드를 종결할 때 관문 표시 방출을 활성화한다. 관문 표시 방출은 적외선일 수 있다. 다른 예에서, 로봇은 이주 모드에 있을 때, 관문 방출에 응답하지 않는다.

[0020] 일례에서, 제2 영역 내에서의 이주 모드의 종결 시에, 로봇은 제2 한정 영역 내에서 청소 모드를 자동으로 개시한다.

[0021] 일례에서, 운행 비컨은 비컨이 관문 내에 배치된 채로 제1 한정 영역 내로 방향성 벡터링 방출을 송신하도록 구성된다. 로봇은 이주 모드에서 벡터링 방출을 검출하면 비컨을 향해 주행한다. 이주 모드에서 방향성 벡터링 방출을 검출하는 것은 로봇이 로봇 주행 방향과 정렬된 로봇 상의 방향성 수신기로 방향성 벡터링 방출을 감지하는 것과, 로봇이 로봇 주행 방향을 방향성 벡터링 방출에 의해 형성된 경로와 정렬시키는 것을 포함한다. 로봇은 또한 로봇 상의 방향성 수신기에 의해 방향성 벡터링 방출을 검출하도록 움직이기 전에, 로봇 상의 전방향성 수신기로 방향성 벡터링 방출을 감지할 수 있다. 로봇은 방출 경로를 따라 비컨을 향해 이동하고, 비컨에 의해 방출된 비컨 주계(perimeter)를 감지하고, 비임 주계를 따라 관문을 통해 제2 영역 내로 이동함으로써, 비컨을 지나 이동한다.

[0022] 다른 태양에서, 한정된 영역들 사이에서 자동 커버리지 로봇을 운행시키는 방법은 인접한 제1 및 제2 한정 영역들 사이의 관문 내에 운행 비컨을 위치시키는 단계를 포함한다. 비컨은 제1 한정 영역 내로 방향성 방출을 그리고 관문 횡단 방향으로 관문 방출을 송신하도록 구성된다. 방법은 또한 커버리지 로봇을 제1 한정 영역 내에 위치시키는 단계를 포함한다. 로봇은 청소 모드에서 제1 한정 영역을 자동으로 횡단하고, 관문 방출과 마주치면, 로봇은 제1 한정 영역 내에 머물러서, 제2 영역 내로의 로봇 이주를 회피한다. 제1 영역 내에서의 청소 모드의 종결 시에, 로봇은 방향성 방출을 검출함으로써 관문을 통해 제2 한정 영역 내로 이동하도록 이주 모드를 자동으로 개시하고, 방향성 방출에 응답하여, 비컨을 지나 관문을 통해 제2 영역 내로 이동한다.

[0023] 운행 비컨은 관문 내에 위치될 수 있는 베이스를 포함하고, 베이스는 관문 횡단 방향을 형성한다. 관문 비임 방출기가 베이스 내에 수용되어, 관문 횡단 방향으로 비임을 방출하도록 배열된다. 제1 및 제2 방향성 비임 방출기가 베이스 내에 수용되어, 베이스가 관문 내에 위치되면, 각각의 인접한 영역 내로 각각의 포커스 비임을 방출하도록 배열된다. 전방향성 비임 방출기가 베이스 내에 배치되어, 비컨 둘레에서 측방으로 근접 비임을 투사하도록 구성된다. 제1 및 제2 방향성 포커스 비임은 약 45 내지 90° 사이의 관문 횡단 방향에 인접한 각도를 형성한다.

[0024] 운행 비컨의 다른 예는 "가상벽"의 선을 따라 비임을 방출하는 비임 방출기와, 로봇에 의해 검출될 때 로봇 충돌을 방지하기 위한 원형 근접 비임 (및/또는 RF 구역)을 포함한다. 제1 비임 방출기가 관문 내에 위치되어 관

문을 가로질러 비임을 방출할 수 있다. 제2 비임 방출기가 관문 내에 위치되어, 제1 공간 내로 각도를 이루며 제1 공간을 나타내도록 변조된 비임을 방출할 수 있다. 제3 비임 방출기가 관문 내에 위치되어, 제2의 인접한 공간 내로 각도를 이루며 제2 공간을 나타내도록 변조된 비임을 방출할 수 있다.

[0025] 운행 비컨은 또한 가상의 일시적인 제한벽 또는 관문으로서 작용할 수 있고, 이 때 로봇은 예를 들어 소정의 가상 관문 상호 작용 회수 또는 시간 주기 동안 가상 관문(들) 내에 머무르고, 그 다음 가상 관문을 횡단하고, 가상 관문에 의해 부분적으로 또는 전체적으로 한정될 수 있는 다음의 "공간" 내에 체류하도록 그의 시간 또는 사건 카운터를 복원한다.

[0026] 복수의 비컨이 각각의 한정된 영역의 경계를 형성하도록 채용될 수 있다. 방향성 벡터링 및 관문 방출은 적외선일 수 있다. 각각의 송신된 방출은 고정 주기 무작위 오프셋으로 시분할 멀티플렉싱함으로써 구별된다. 각각의 비컨은 상이하게 엔코딩되고 (예를 들어, 좌측 및 우측 비임), 비컨 상에 위치한 DIP 스위치 또는 다른 그러한 장치에 의해 설정될 수 있다. 비컨 엔코딩은 로봇이 동일한 엔코딩을 갖는 연속적인 비컨 또는 2개의 비컨과 마주치면, (로봇에 의해 송출된 RF 명령을 거쳐) 로봇에 의해 설정 또는 변화될 수 있다. 비컨은 가상벽 또는 문턱 표지자 (또는 이들 모두)가 되도록 설정될 수 있다. 로봇이 각각의 비컨과 마주칠 때, 로봇은 비컨을 카운팅하고, 비컨을 그의 변조에 의해 식별한다. 첫 번째 마주친 것은 1번이고, 베이스에 가장 가까운 것으로 믿어진다. 두 번째 것은 2번이고, 더 멀다. 세 번째 것은 3번이고, 더 멀다. 비컨의 좌측 및 우측 측면 비임 또는 방향성 비임들은 상이하게 엔코딩된다. 결과적으로, 로봇은 어떤 측면이 베이스에 더 가까운 것으로 간주되는지를 기록할 수 있다. 로봇이 베이스로 복귀할 준비가 되면 (예를 들어, 타임 아웃(time out), 낮은 배터리 잔량, 통 채워짐, 스케줄 종료, 유지?보수 필요, 트리거링된 일반적인 이벤트, 또는 임의의 다른 상황 하), 로봇은 원거리 측면 비임으로 가장 낮은 번호의 비컨을 찾아내고, 그러한 방향으로 향한다. 비임의 방향성은 또한 로봇이 적절하게 비컨을 지나 움직이도록 허용한다. 예를 들어, 베이스 스테이션으로부터 멀어지는 도중에, 로봇은 비컨의 방향성 비임(A) 및 방향성 비임(B)을 순차적으로 지나고, 비임들 중 하나 또는 모두가 로봇의 좌측에 있다. 베이스 스테이션으로 복귀하기 위해, 로봇은 비컨의 방향성 비임(B)을 검출할 때까지, 대기/불규칙한 이동/청소를 해야한다. 로봇은 그 다음 비컨의 근접 비임을 검출할 때까지 비임(B)을 따라감으로써 비컨에 접근한다. 로봇은 좌측으로 회전하고, 로봇이 비임(A)을 검출할 때까지 불규칙한 이동/청소를 하면서 근접 비임의 모서리를 따라 만곡된 경로로 진행한다. 로봇은 비컨으로부터 멀리 비임(A)을 따라가고, 그 다음 베이스 스테이션을 향해 불규칙한 이동/청소를 한다. 이는 공간을 식별하는 좌측 및 우측 비컨의 방향성을 사용하여 운행하는 방법의 일례일 뿐이다.

[0027] 몇몇 예에서, 제2 영역 내에서의 이주 모드의 종결 시에, 로봇은 제2 영역 내의 베이스 스테이션을 향해 움직이도록 도킹 모드를 자동으로 개시하고, 베이스 스테이션과 도킹한다. 베이스 스테이션은 로봇이 적절하게 도킹할 수 있는 도킹 방향을 형성하는 베이스와, 베이스 내에 수용된 로봇 충전기와, 베이스 상에 장착되어, 베이스 스테이션 둘레에서 측방으로 근접 비임을 투사하도록 구성된 전방향성 비임 방출기와, 베이스 내에 수용되어, 각각 측방으로 한정되고 중첩된 신호 비임의 방출 필드를 각각 방출하도록 배열된 2개의 운행 필드 방출기를 포함한다. 방출된 비임들 중 하나는 도킹 방향과 정렬되어 다른 필드에 의해 중첩된 측방 필드 모서리를 형성한다. 로봇은 스테이션과 도킹될 때까지, 도킹 방향과 정렬된 중첩 필드의 측방 필드 모서리를 검출하여 그를 따라 전진함으로써 베이스 스테이션을 향해 움직인다. 적외선 방출기일 수 있는 2개의 운행 필드 방출기들은 그들 사이에 약 45 내지 90° 사이의 각도를 형성하도록 위치된다. 로봇은 로봇 상의 전방향성 수신기로 베이스 스테이션의 방출을 검출하고, 적어도 하나의 필드 방출의 외측 측방 필드 모서리를 검출하도록 움직인다. 로봇은 하나의 필드 방출의 외측 측방 필드 모서리를 따라 중첩 필드들의 정렬된 측방 필드 모서리로 전진한다. 정렬된 측방 필드 모서리를 검출하면, 로봇은 스테이션과 도킹될 때까지 정렬된 측방 필드 모서리를 따라 전진한다.

실시예

[0054] 도1A 및 도1B는 자동 커버리지 로봇(100)의 상부 사시도 및 분해도를 도시한다. 로봇(100)은 새시(102), 제어기(103), 전방향성 수신기(104), 및 방향성 수신기(106)를 갖는다. 새시(102)는 전방 주행 방향을 갖고, 범퍼(107) 상에 제어기(103) 및 수신기(104, 106)를 보유한다. 수신기(104, 106)는 제어기(103)에 운행 정보를 제공한다. 수신기(104, 106)로부터의 입력을 사용하여, 제어기(103)는 로봇(100)에 의해 수행될 명령을 발생시킨다. 결과적으로, 로봇(100)은 자동으로 바닥을 청소할 수 있다.

[0055] 도2는 로봇(100)의 범퍼(107) 상의 전방향성 수신기(104) 및 방향성 수신기(106)의 위치를 도시한다. 범퍼(107)는 또한 로봇이 그의 주변에 대해 운행할 때 로봇(100)을 보조하기 위해, 도1C에 도시된 바와 같이, 다른

센서들을 가질 수 있다. 근접 센서(1072)는 장애물이 로봇(100)에 가까이 있을 때를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 접촉 센서(1074)는 로봇(100)이 물체와 물리적으로 마주쳤을 때를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 벡랑 센서(1076)는 로봇(100)이 계단과 마주칠 때와 같이, 바닥의 모서리와 마주쳤을 때를 감지하기 위해 사용될 수 있다.

[0056] 전방향성 센서(104)는 로봇(100)이 운행 비컨에 밀접하게 근접할 때를 감지하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 전방향성 센서(104)는 방출 강도를 표시하는 신호를 제어 시스템으로 전달할 수 있고, 더 강한 신호는 운행 비컨에 대해 더 밀접한 근접성을 표시한다.

[0057] 근접 센서(1072)는 장애물이 근방에 있을 때를 검출하기 위해 사용될 수 있다. 근접 센서(1072)는 예를 들어 장애물이 로봇(100)의 주어진 범위 내에 있을 때 신호를 제공하는 적외선 또는 초음파 센서일 수 있다.

[0058] 접촉 또는 용기부 센서(1074)는 로봇(100)이 장애물과 물리적으로 마주치는지를 검출하기 위해 사용될 수 있다. 그러한 센서(1074)는 로봇이 장애물과 마주쳤을 때를 결정하기 위해 로봇(100) 내의 커패시턴스 또는 물리적 변위와 같은 물리적 특성을 사용할 수 있다.

[0059] 벡랑 센서(1076)는 로봇(100)이 계단과 마주칠 때와 같이, 바닥의 모서리와 마주쳤을 때를 감지하기 위해 사용될 수 있다. 로봇(100)은 모서리가 검출되면, 로봇이 그의 주행 방향을 변화시키는 것과 같은 작용을 취하게 하는 거동을 가질 수 있다.

[0060] 몇몇 구현예에서, 벡랑 센서(1074)는 센서를 안정화하고 보호하며, 센서를 장착 장치의 바닥 상으로 설치된 창을 향한 지점에 위치시키는 장착 장치 내에 설치될 수 있다. 센서와 함께, 장착 장치 및 창은 벡랑 센서 유닛을 포함한다. 예를 들어, 범퍼 내에 설치된 4개의 벡랑 센서 유닛이 있을 수 있다.

[0061] 벡랑 센서의 신뢰성은 먼지 축적을 감소시킴으로써 증가될 수 있다. 몇몇 구현예에서, 창은 정전기 방지 재료와 같은, 먼지 축적을 방지하는 재료로 구성된 경사진 몰딩 내에 장착된 차폐부를 포함하는 장착 장치의 바닥 상에 설치될 수 있다. 차폐부 구성요소와 몰딩은 함께 용접될 수 있다. 먼지 및 오물 축적의 감소를 더욱 용이하게 하기 위해, 차폐부는 오물이 더 쉽게 미끄러지게 허용하기 위해 경사부 상에 장착될 수 있다.

[0062] 몇몇 구현예에서, 2차 벡랑 센서가 캐스터 휠 상의 휠 낙하 센서가 고장 난 경우에 바닥 모서리를 검출하기 위해 기존의 벡랑 센서 후방에 존재할 수 있다.

[0063] 제어기(103)는 방향 설정 및 속도 설정에 따라 로봇(100)을 추진하도록 구성될 수 있다. 근접 및 접촉 센서로부터 수신된 신호는 제어 시스템에 의해 장애물을 처리하는 명령을 송출하도록 사용될 수 있다. 근접 및 접촉 센서로부터의 신호는 제어 시스템이 로봇(100)의 명령받는 속도 또는 방향을 변화시키게 할 수 있다. 예를 들어, 근방의 벽으로 인한 근접 센서로부터의 신호는 제어 시스템이 감속하라는 명령을 송출하게 할 수 있다. 다른 경우에, 의자와의 마주침으로 인한 접촉 센서로부터의 충돌 신호는 제어 시스템이 방향을 변화시키라는 명령을 송출하게 할 수 있다. 다른 경우에, 이동 로봇의 속도 설정은 접촉 센서에 응답하여 감소되지 않을 수 있고, 그리고/또는 이동 로봇의 방향 설정은 근접 센서에 응답하여 변경되지 않을 수 있지만, 대신에 2개의 센서가 독립적으로 작동할 수 있다.

[0064] 제어기(103)는 이동 로봇의 속도 설정을 조정하도록 구성된 제1의 독립된 거동 루틴과, 이동 로봇의 방향 설정을 변경하도록 구성된 제2의 독립된 거동 루틴을 포함할 수 있고, 제1 및 제2의 독립된 거동 루틴들은 동시에 그리고 상호 독립적으로 실행되도록 구성된다. 제1의 독립된 거동 루틴은 근접 센서를 호출하도록 구성될 수 있고, 제2의 독립된 거동 루틴은 동적 용기부 센서를 호출하도록 구성될 수 있다.

[0065] 도3 - 도5는 방향성 수신기(104)의 사시도, 정면도, 및 분해도를 도시한다. 방향성 센서(104)는 새시(102)의 전방에 위치된다. 대응 신호를 발생시켜서 제어기(103)로 보내는 방출이 방향성 수신기(104)에 의해 주행 방향을 따라 수신될 수 있다. 방향성 수신기(104)는 새시(102)의 주행 방향과 정렬된 제1 개구(110) 및 제2 개구(112)를 구비한 장착 리셉터클(108)을 포함한다. 제1 구성요소 수신기(114) 및 제2 구성요소 수신기(116)가 개구(110, 112)와 관련된다.

[0066] 구성요소 수신기(114, 116)는 주행 방향을 따라 유래하여 방향성 수신기(104) 상에 부딪히는 방출이 개구(110, 112)를 통해 그들 각각의 구성요소 수신기(114, 116) 상으로 통과할 수 있도록, 개구(110, 112)에 대해 위치된다. 구성요소 수신기(114, 116) 상에 부딪히는 방출은 로봇의 주행 방향에 대한 방출의 방향을 결정하기 위해 제어기(103)에 의해 사용될 수 있는 대응 신호가 발생되게 한다. 커버(117)가 주행 방향을 따라 유래하지 않은 방출이 구성요소 수신기(114, 116) 상에 부딪히는 것을 방지하기 위해 장착 리셉터클(108)의 상부에 부착된다.

몇몇 구현예에서, 로킹 탭(119) 또는 몇몇 다른 체결 방법이 커버(117)를 장착 리셉터클(108)에 고정시키기 위해 사용될 수 있다.

- [0067] 몇몇 구현예에서, 방향성 수신기(104)의 구성요소 수신기(114, 116)는 실질적으로 10% 내지 30% 사이로 중첩된 호밍 비임을 검출할 수 있다. 일례에서, 제1 및 제2 구성요소 수신기(114, 116)는 각각에 정면으로 부딪히는 방출들이 1 내지 15°의 범위 내의 각도를 형성하도록 위치될 수 있다. 다른 예에서, 제1 및 제2 구성요소 수신기(114, 116)들은 그들과 정렬된 방출들이 로봇 전방의 3 내지 5 미터 지점에서 교차하도록 정렬될 수 있다. 일례에서, 각각의 구성요소 수신기(114, 116)는 방향성 수신기(104)에 대해 수직인 방향으로부터 약 14°인 퍼짐(sweep) 중심 및 다른 구성요소 수신기(114, 116)와의 약 10°의 퍼짐 중첩을 갖는, 약 28 내지 33°사이의 퍼짐 각도 내의 방출들을 수신한다.
- [0068] 몇몇 경우에, 제어기(103)는 전방향성 수신기(104)로 방출을 검출하도록 로봇(100)을 움직일 수 있다. 방출의 방향은 구성요소 수신기(114, 116)를 사용하여 결정될 수 있다. 검출에 응답하여, 제어기(103)는 로봇 주행 방향을 결정된 방출 방향과 정렬시키도록 새시(102)를 배향할 수 있다.
- [0069] 다른 경우에, 제어기(103)는 로봇 주행 방향을 방향성 수신기(106)로 검출된 방출에 응답하여 구성요소 수신기(114, 116)에 의해 발생된 신호에 기초하여 결정된 방출 방향과 정렬시키도록 새시(102)를 배향할 수 있다.
- [0070] 도6 - 도8은 전방향성 수신기(104)의 사시도, 측면도, 및 절결도를 도시한다. 전방향성 수신기(104)는 하우징(118), 원추형 반사기(120) 및 방출 수신기(122)를 포함할 수 있다. 하우징(118)은 상부(124) 및 내측 공동(126)을 갖는다. 상부(124)는 내측 공동(126) 내로의 방출의 투과를 허용할 수 있다. 원추형 반사기(120)는 하우징(118)의 상부(124) 상에 부딪히는 방출을 내측 공동(126) 내로 반사시키도록 공동(126)의 상부 표면 상에 위치된다. 방출 수신기(122)는 원추형 반사기(120) 아래의 내측 공동(126) 내에 위치된다.
- [0071] 몇몇 구현예에서, 수신기(114, 116, 122)는 적외선(IR)의 투과를 수신하도록 구성될 수 있다. 그러한 경우에, 안내부(128: 예를 들어, 광 파이프)가 원추형 반사기(120)에서 반사된 방출을 안내하여, 이를 방출 수신기(122)로 유도할 수 있다.
- [0072] 도9는 자동 커버리지 로봇(100)의 저면 사시도를 도시한다. 주행 시스템(130)은 새시(102)를 지지하는 제1 주행 휠(132) 및 제2 주행 휠(134)을 포함한다. 캐스터(136)가 새시(102)에 대한 추가의 지지를 제공할 수 있다. 모터가 로봇(100)을 추진하도록 주행 휠에 기계적으로 결합되어, 전진, 후진, 및 회전 능력을 제공할 수 있다.
- [0073] 로봇(100)은 그가 움직일 때 바닥으로부터 오물 및 부스러기를 제거하는 바닥 청소 시스템을 가질 수 있다. 바닥 청소 시스템은 바닥 청소 조립체(140), 청소통(142) 및 (도시되지 않은) 통 센서를 포함할 수 있다. 바닥 청소 조립체(140, 146) 및 청소통(142)은 새시(102)에 의해 보유될 수 있다. 청소통(142)은 청소 조립체(140)에 의해 청소되는 바닥으로부터 제거된 부스러기를 수집하도록 배열될 수 있다. 통 센서는 청소통이 한도까지 채워졌는지를 표시하는 신호를 발생시키도록 구성될 수 있다. 한도가 도달되면, 제어기(103)는 베이스 스테이션과의 도킹 시퀀스를 개시할 수 있다 (아래에서 설명됨). 청소통(142)은 손으로 그의 내용물을 비우기 위해 접근될 수 있거나, 몇몇 구현예에서, 로봇(100)은 도킹되었을 때 청소통(142)을 자동으로 비울 수 있다.
- [0074] 로봇(100)을 구성하는 다른 요소에 대한 골격을 제공하는 것에 추가하여, 새시(102)는 그의 전방에서 새시(102) 상의 모든 다른 지점보다 더 높은 리지를 가질 수 있다. 그러한 리지는 로봇이 소파와 같은 상방 장애물과 마주치면 로봇(100)을 정지시킬 수 있고, 로봇이 아래에 박히는 것을 방지할 수 있다. 로봇(100)이 박힌 경우에 로봇이 더 쉽게 벗어나는 것을 가능케 하기 위해, 제어기(103)는 보통 주행 시스템(130)이 최대 토크 미만, 예를 들어 용량의 50%로 작동하도록 명령할 수 있다. 로봇(100)이 박히면, 예를 들어 구동 모터로 흐르는 증가된 전류에 의해 감지되어, 제어기(103)는 로봇(100)을 벗어나게 하기 위해 증가된 토크를 명령할 수 있다.
- [0075] 박힘 방지 시스템의 다른 예는 로봇(100)이 잠재적인 박힘 장애물에 의해 얼마나 많이 눌리는지를 측정하기 위해 전위차계를 갖는 스프링 부하식 휠 시스템을 포함한다. 다른 예는 로봇(100)의 하부 표면 상에 배치된 적외선 센서를 포함하고, 적외선 센서는 로봇(100)이 눌린 거리를 측정하기 위해 사용된다.
- [0076] 도10은 예시적인 운행 비컨(150)의 분해도를 도시한다. 운행 비컨(150)은 한정된 영역을 생성하기 위해 기존의 벽 또는 다른 장애물과 관련하여 사용될 수 있다. 영역을 한정하는 것은 예를 들어 로봇이 영역으로 진입하거나 그를 떠나는 것을 제한하기 위해 행해질 수 있다. 운행 비컨(150)은 위에서 설명된 로봇(100)과 함께, 자동 이동 로봇 시스템의 일례를 형성한다.
- [0077] 운행 비컨(150)은 관문 표시 방출기(154) 및 전방향성 방출기(160)를 포함하는 비컨 방출기 조립체(152)를 갖는

다. 관문 표시 방출기(154)는 관문 표시 방출을 송신하도록 배열될 수 있다. 예를 들어, 비컨(150)은 제1 및 제2의 인접한 영역들을 분리하는 관문 내에 위치되어, 경계를 형성하기 위해 관문 표시 방출을 방출할 수 있다. 로봇(100) 상의 전방향성 수신기(104) 및 방향성 수신기(106)는 관문 표시 방출을 검출하여, 비컨 방출 센서로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 비컨(150) 및 로봇(100)은 관문 표시 방출을 생성하고 검출하기 위해 적외선(IR) 방출기 및 센서를 사용할 수 있다.

[0078] 일례에서, 로봇(100)은 패킷 무선 네트워크를 거쳐 송신된 명령을 통해 운행 비임의 상태를 제어한다. 이러한 네트워크 상에서 비컨이 응답하는 주소는 로봇 주소 및 노드 주소의 조합이다. 비컨(150) 내에 배터리를 설치한 후에, 비컨(150)은 그가 기동(wake up)하여 그의 방출기를 작동시켜야 하는지를 확인하기 위해, 주기적으로 로봇과 접촉하기를 시도한다. 로봇(100)은 그의 네트워크와 접속하라는 제안 및 사용할 임시 주소를 포함하는 무선 패킷을 송신함으로써 응답할 수 있다. 임시 주소로 작동하는 동안, 비컨(150)은 방출기(154)로부터의 울타리 비임 및 전방향성 방출기(160)로부터의 제한 필드 비임 내의 적외선 코드를 송신하여, 비컨이 연결되지 않은 것, 즉 비컨의 무선 주소가 일시적이라는 것을 표시한다. 로봇(100)이 연결 코드를 갖는 비임을 확인하면, 로봇은 링크로 불리는 그의 비임 내의 새로운 코드를 보내기 위해 각각의 최근에 할당된 임시 주소에 무선 패킷을 반복적으로 송신한다. 로봇(100)이 링크 코드를 확인하면, 로봇은 새로운 노드 주소를 포함하는 무선 패킷을 지금부터 그리고 주소가 사용을 위해 유효한 시간(hour)을 표시하는 시점으로부터 사용되도록 송신한다. 로봇(100)에 대해 성공적으로 연결되면, 비컨(150)은 앞으로 그 로봇(100)의 존재 시에만 기동할 것이다. 적외선 신호를 사용하여 무선 통신을 승인하는 기술은 비컨(150)과 동일한 바닥 상에 있지 않은 로봇(100)이 비컨을 영구적으로 제어하는 것을 방지하도록 설계된다.

[0079] 주행 시스템(130)은 청소 모드에 있을 때 로봇(100)을 제1 영역에 대해 움직이도록 구성될 수 있다. 청소 모드에서, 로봇(100)은 관문 표시 방출을 검출하는 것에 응답하여 방향 전환될 수 있다. 또한, 주행 시스템(130)은 이주 모드에 있을 때 로봇(100)을 관문을 통해 제2 한정 영역 내로 움직이도록 구성될 수도 있다.

[0080] 청소 모드에 있을 때, 로봇(100)은 그가 관문 표시 방출을 검출하면, 그의 주행 방향을 변화시킴으로써 제1 한정 영역 내에 머무를 수 있다. 따라서, 관문 표시 방출은 로봇(100)이 제1 한정 영역을 떠나는 것을 방지할 수 있는 가상벽으로서 작용한다.

[0081] 몇몇 경우에, 주행 시스템(130)은 미리 설정된 시간 간격 동안 청소 모드에서 로봇(100)을 제1 한정 영역에 대해 움직이도록 구성될 수 있다. 미리 설정된 시간 간격이 경과하면, 주행 시스템(130)은 자동으로 이주 모드로 들어갈 수 있다. 이주 모드에 있을 때, 주행 시스템(130)은 로봇(100)을 관문 방출을 가로질러 움직이도록 구성될 수 있다. 다른 경우에, 주행 시스템은 로봇이 관문 표시 방출과 미리 설정된 회수로 마주칠 때까지, 청소 모드에서 로봇을 제1 한정 영역에 대해 움직이도록 구성될 수 있다. 관문 표시 방출이 미리 설정된 회수로 마주치면, 이주 모드가 자동으로 개시될 수 있다.

[0082] 로봇(100)은 비컨(150)과 통신하기 위한 송신기를 포함할 수 있다. 송신기는 이주 모드에서 관문 방출의 송신을 중단 또는 일시 정지시키도록 비컨(150)에 신호를 보내기 위해 사용될 수 있다. 필요한 때에만 다양한 방출기를 켜도록 비컨(150)에 신호를 보냄으로써, 시스템은 절전 기능을 구현할 수 있다. 그러한 기능은 비컨(150) 내의 배터리 수명을 연장시키도록 역할할 수 있다.

[0083] 도11 및 도12는 비컨 방출기 조립체(152)의 사시도 및 정면도를 도시한다. 비컨 방출기 조립체(152)는 제1 방향성 벡터링 비컨 방출기(156) 및 제2 방향성 벡터링 비컨 방출기(158)를 포함한다. 방향성 벡터링 비임 방출기는 운행 루트를 형성하기 위해 사용될 수 있는 특징적인 모서리 및 확장 패턴을 갖는 방출 필드를 생성하기 위해 사용될 수 있다. 운행 비컨(150)은 벡터링 비컨 방출기(156)가 제1 한정 영역 내로 방향성 벡터링 방출을 송신하도록 배열된 채로, 2개의 한정된 영역들 사이의 관문 내에 위치될 수 있다. 방향성 벡터링 방출과 관문 사이의 각도는 예를 들어 45 - 90°의 범위 내일 수 있다. 몇몇 경우에, 방향성 벡터링 방출은 적외선으로 구성될 수 있다.

[0084] 이주 모드에 있을 때, 주행 시스템(130)은 로봇이 벡터링 비컨 방출기(156)로부터 발산하는 방향성 벡터링 방출과 마주칠 때 로봇(100)을 비컨(150)을 향해 지향시키도록 구성될 수 있다. 로봇(100)은 그 다음 방향성 수신기(106)에 대한 방향성 벡터링 방출의 검출 방향에 기초하여 비컨(150)의 위치를 결정할 수 있다. 위치가 결정되면, 로봇(100)은 방향성 벡터링 방출에 대한 주행 방향으로 정렬될 수 있다. 예를 들어, 로봇(100)은 비컨(150)이 위치된 관문에 도달하여 횡단하기 위해 방향성 벡터링 방출의 경로를 따라 전방으로 전진할 수 있다.

[0085] 로봇(100)은 비컨 방출을 원격으로 활성화 및 불활성화하는 것이 가능할 수 있다. 예를 들어, 로봇(100)은 활

성화 및 불활성화 신호를 전달하기 위해, 무선 주파수(RF) 통신과 같은 무선 통신을 사용할 수 있다. 로봇(100)은 이주 모드를 개시할 때, 원격으로 비컨(150)의 방향성 벡터링 방출을 활성화하며 관문 방출을 불활성화할 수 있다. 로봇(100)은 이주 모드를 종결할 때, 원격으로 비컨(150)의 방향성 벡터링 방출을 불활성화하며 관문 방출을 활성화할 수 있다.

- [0086] 몇몇 경우에, 비컨(150)은 로봇(100)과 스케줄 정보를 통신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 비컨(150)은 로봇(100)이 청소 모드로 진입해야 하는 시간, 로봇이 이주 모드로 진입해야 하는 시간 등을 송신하는 것이 가능할 수 있다. 스케줄 정보는 시작 또는 종료 시간 및 날짜와 같은 세부 사항을 포함할 수 있다.
- [0087] 운행 비컨(150)은 또한 자신의 주위에서 측방으로 근접 방출을 송신할 수 있다. 로봇(100)은 근접 방출이 검출되면, 그의 진로를 변화시키는 것과 같은 미리 설정된 거동을 실행함으로써 근접 방출 내에서 청소 및 이주를 회피할 수 있다. 근접 방출은 로봇(100)이 통과하도록 허용되지 않는 "제한 필드"로서 간주될 수 있다.
- [0088] 운행 비컨(150)은 제한 모드, 운행 모드, 및 꺼짐 모드 사이에서 선택하기 위한 스위치를 가질 수 있다. 운행 비컨(150)은 가상벽과 같은 범위 선택 스위치를 가질 수 있다. 운행 비컨이 작동하고 있는 것을 표시하기 위한 램프가 있을 수 있다. 운행 비컨(150)은 그가 가능화되었을 때 또는 로봇(100)에 의해 그렇게 하도록 명령받을 때에만 작동 표시 램프를 켤 수 있다. 배터리 부족 경고가 있을 수도 있고, 별도의 배터리 부족 램프가 있을 수 있다.
- [0089] 전력 소비를 감소시켜서 배터리 수명을 증가시키기 위해, 상이한 작동 모드들이 운행 비컨에 대해 존재할 수 있다. 로봇(100)이 작동하지 않고 있을 때, 운행 비컨(150)은 방출기가 꺼지고, 운행 비컨이 기동이 필요한지를 결정하기 위해 통신 링크를 주기적으로 감시하는 저전력 모드에 있을 수 있다. 로봇(100)이 작동하고 있을 때, 로봇은 하나 또는 복수의 운행 비컨에 그들 각각의 방출기를 켜도록 신호를 보낼 수 있다. 다양한 방출기를 켜기 위한 상이한 명령들이 있을 수 있다. 또한, 운행 비컨은 시간 경과 후에 저전력 모드로 복귀할 수 있다.
- [0090] 복수의 운행 비컨이 로봇(100)과 함께 사용되는 경우에, 각각의 운행 비컨은 메모리 내에 담긴 16 비트 (또는 그 이상의) 식별 번호와 같은 고유 식별자를 가질 수 있다. 이러한 식별자는 공장에서 또는 운행 비컨 자체에 의해 발생될 수 있다. 식별자가 공장에서 발생되면, 식별자는 비컨 내의 비휘발성 메모리 내에 저장될 수 있다. 로봇(100)은 하나의 운행 비컨으로부터 다른 운행 비컨으로 운행함으로써 하나의 한정된 영역으로부터 다른 한정된 영역으로 운행하도록 사용될 수 있는 내부 맵을 발생시키기 위해 고유 식별자를 사용할 수 있다. 몇몇 구현예에서, 운행 비컨(150)에 대한 식별자는 로봇(100)에 의해 검출될 수 있는 비컨의 방출 내의 엔코딩된 신호를 발생시키기 위해 사용될 수 있다. 운행 비컨(150)이 전체 식별 번호를 송신할 수 없는 경우에, 고유 코드가 ID의 파생물로서 또는 존재하는 운행 비컨들 및/또는 로봇(100) 사이의 협약에 의해 발생될 수 있다.
- [0091] 로봇과 운행 비컨은 점 대 점으로 또는 광범위 송신에 의해 통신할 수 있다. 점 대 점 계획에서, 로봇은 모든 운행 비컨의 식별자를 학습해야 한다. 그 다음 로봇은 목표 운행 비컨을 표시하는 데이터 필드를 갖는 송신을 보낼 수 있다. 그러한 운행 비컨 및 그러한 운행 비컨만이 이에 따라 반응한다. 이는 특정 운행 비컨만이 반응하여, 다른 운행 비컨을 꺼진 채로 유지하고, 따라서 비컨의 배터리 수명을 증가시키는 장점을 갖는다. 사용자 상호 작용이 로봇이 운행 비컨을 인지하도록 훈련시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0092] 대안적인 개념은 로봇이 모든 운행 비컨에 이들을 가능화하기 위한 명령을 송출하는 것이다. 이러한 계획은 사용자 상호 작용이 없이 작동한다. 이러한 운행 비컨에 대한 증가된 배터리 소모 및 감소된 배터리 수명의 이러한 효과를 경감시키기 위해, 완화 기술은 로봇 송신의 출력을 감소시키는 것이다.
- [0093] 도13은 자동 이동 로봇 운행 시스템에서 사용될 수 있는 단순화된 운행 비컨(152)의 일례를 도시한다. 이러한 예에서, 비컨은 관문 방출기(154) 및 전방향성 방출기(160)를 포함하는 비컨 방출기 조립체(152)를 갖지만, 벡터링 방출기는 갖지 않는다. 그러한 비컨은 영역의 경계를 형성하기 위해 사용될 수 있지만 이주 기능을 반드시 지원하지는 않는다.
- [0094] 도14 - 도17은 자동 이동 로봇 시스템 내에 포함될 수 있는 예시적인 베이스 스테이션(180)의 다양한 도면을 도시한다. 베이스 스테이션(180)은 시스템에 의해 관리되는 한정된 영역 내에 위치될 수 있다. 베이스 스테이션(180)은 형성된 도킹 방향을 갖는 베이스(182) 및 로봇 충전기(184)를 갖는다. 로봇(100)은 베이스(182)와 도킹하기 위해 도킹 방향으로부터 베이스(182)에 접근할 수 있다. 로봇 충전기(184)는 베이스(182) 내에 수용되어, 로봇이 적절하게 도킹되면 로봇(100)을 충전시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0095] 로봇 충전기(184)는 로봇(100)이 베이스(182)에 도킹된 후에 검출 회로에 의해 트리거링되면 작동을 시작할 수

있다. 배터리 상태가 배터리를 충전하기 위해 완전 방전 모드, 충전전 미량 방전 모드, 또는 충전후 미량 방전 모드 중 어느 것이 사용될지를 결정하기 위해 사용될 수 있다.

[0096] 도18 - 도21은 베이스 스테이션(180) 내에서 사용되는 예시적인 방출기 조립체(186)의 사시 상부도, 후면도, 및 측면도를 도시한다. 방출기 조립체(186)는 전방향성 비임 방출기(190) 및 2개의 운행 필드 방출기(192, 194)를 유지하는 하부 하우징(188)을 갖는다.

[0097] 전방향성 방출기(190)는 하우징(188) 상에 장착되어, 상부 하우징(196)의 사용을 통해 도킹 스테이션 둘레에서 측방으로 근접 비임을 투사하도록 구성될 수 있다. 상부 하우징(196)은 전방향성 방출기(190)로부터의 방출이 베이스(182) 외부에서 원과 같은 원하는 패턴을 형성하도록 구성될 수 있다.

[0098] 운행 필드 방출기(192, 194)는 하부 하우징(188)에 부착될 수 있고, 각각 측방으로 한정되고 중첩된 신호 비임의 방출 필드들을 방출하도록 배열될 수 있다. 방출된 필드들 중 하나는 도킹 방향과 정렬된 측방 필드 모서리를 형성할 수 있고, 다른 방출된 필드에 의해 중첩될 수 있다. 베이스 스테이션의 2개의 운행 필드 방출기들은 그들의 중첩 각도가 약 6° 가 될 수 있고, 각각의 방출기의 개구 각도가 $20 - 30^\circ$ 가 될 수 있도록, 위치될 수 있다. 하부 하우징(188) 상의 투사부(198)는 상기 패턴을 달성하기 위해 방출기(192, 194)로부터의 방출을 성형하도록 사용될 수 있다. 일례에서, 운행 필드 방출기(192)는 방출기 조립체(186)에 대해 수직인 방향으로부터 약 12° 로 비임을 투사하고, 비임은 약 -5° 에서 시작하여 약 35° 까지 약 40° 로 퍼진다. 다른 운행 필드 방출기(194)는 LED의 중간 부근에서 종결되는 L-형상 배플 또는 마스크(198)와 함께, 방출기 조립체(186)에 대해 수직인 방향으로부터 약 12° 로 비임을 투사하고, 비임은 직선에서 약 -35° 까지 퍼진다. 몇몇 구현예에서, 방출 필드는 적외선(IR)으로 구성될 수 있다. 그러한 경우에, 필드 방출기(190, 192, 194)는 적외선 발광 다이오드(LED)로 구성될 수 있다.

[0099] 도22는 로봇(100)의 전자 장치(101)의 개략도를 도시한다. 전자 장치(101)는 전방향성 수신기(104), 방향성 수신기(106), 벽 근접 센서(1072), 및 범퍼 스위치(1074)를 제어하는 범퍼 마이크로 제어기(107A)와 통신하는 제어기(103)를 포함한다. 제어기(103)는 범퍼 센서(1076)를 포함한, 모든 다른 센서 입력을 감시한다.

[0100] 도23A - 도23B는 운행 비컨을 사용하여 한정된 영역들 사이에서 자동 커버리지 로봇을 운행시키는 방법을 적용하는 일례를 도시한다. 방법은 위에서 설명된 예시적인 로봇 운행 시스템과 같은 시스템에 적용될 수 있다. 다음의 설명이 특정한 소프트웨어 아키텍처 및 알고리즘의 세트를 물리적 기반 구조물로서 개시된 운행 비컨에 관련시키지만, 로봇, 제어 및 소프트웨어 아키텍처, 및/또는 많은 특정 알고리즘의 완전히 동일한 실시예가 상이한 물리적 기반 구조물에서 사용될 수 있다.

[0101] 따라서, 로봇이 목표의 시퀀스 및 행동을 처리하는 방식 및 방법이 기반 구조물의 실제 물리적 형태와 비교적 독립적이기 때문에, 그러한 방식 및 방법과 연관된 설명을 위해, "운행 비컨"은 다른 물리적 종류의 능동 및 수동 경계표(예를 들어, 바코드, 역반사 태그, 천장 또는 벽 상으로 투사되는 조명 또는 IR 스폿, 방향성 RF 또는 가시광선, 및 환경 내에서 식별 가능한 다른 특징부)를 포함하고, "비임"은 (따라갈 수 있는, 계산되거나 메모리 내에 기록된 적외선 방향성 벡터와, 원거리의 관찰되는 물체까지의 직선 방향을 포함한) 다른 물리적 종류의 방향성 벡터를 포함한다. 도시된 예에서, 벽(201), (본원에서 "라이트 하우스"로도 설명되는) 제1 운행 비컨(202) 및 제2 운행 비컨(203)이 (전형적으로 주택의 공간인) 제1 한정 영역(204), 제2 한정 영역(206), 및 제3 한정 영역(207)을 형성한다. 운행 비컨(202)은 관문(210: 전형적으로 출입구이지만, 수 피트로부터 10 내지 12 피트까지의 개방부와, 임의의 특정한 개방부가 없는 공간의 임의의 구획이 가능함)을 가로질러 (본원에서 "가상 관문" 또는 "관문 비임"으로도 기술되는) 관문 표시 방출(208)을 송신하도록 구성될 수 있다. 관문 표시 방출(208)은 예를 들어 커버리지 로봇(212)에 의해 감지될 수 있는 IR 신호일 수 있다.

[0102] 로봇(212)은 한정된 영역(204) 내에 위치될 수 있다. 로봇(212)은 청소 모드에서 한정된 영역(204)을 자동으로 횡단할 수 있다. 로봇(212)이 관문(210) 내에서 관문 표시 방출(208)과 마주치면, 로봇(212)은 인접한 한정된 영역(206) 내로 이동하지 않고서 한정된 영역(204) 내에 머무른다. 제1 영역 내에서의 청소 또는 커버리지 모드의 종결 시에, 로봇(212)은 자동으로 (즉, 본원에서 설명되는 바와 같은 내부 트리거 조건, 예를 들어 경과 시간, 이동 거리, 이동 비율에 응답하여) 이주 모드로 진입하고, 이 때 로봇은 청소를 계속하지만 관문(210)에 대해 감시하고, 관문(210)을 위치 확인하고, (비컨(202)을 지나) 관문(210)으로 그리고 이를 통해 인접한 한정된 영역(206) 내로 이동한다.

[0103] 몇몇 구현예에서, 로봇(212)은 한정된 영역(206)으로의 이주가 완료된 후에 자동으로 청소 모드로 진입할 수 있다. 이주 모드에 있을 때, 로봇(212)은 관문 방출(208)에 대해 응답하지 않을 수 있지만 (로봇은 관문 방출

(208)을 횡단한 것을 기록할 수 있다). 몇몇 경우에, 로봇(212)은 이주 모드로 진입할 때, 원격으로 (즉, 직접 또는 중계 RF 통신 또는 직시선 또는 반사 광학 신호에 의해) 관문 표시 방출(208)을 불활성화할 수 있다. 로봇(212)은 또한 이주 모드를 빠져나온 후에 관문 표시 방출(208)을 활성화할 수 있다.

[0104] 또한, 운행 비컨(202)은 자신 둘레에서 (주변에서) 측방으로 근접 방출 또는 필드(214)를 송신하여, 배제 구역 또는 "제한 필드"를 확립한다. 로봇(212)은 이러한 근접 필드를 검출하여, 청소 또는 이주 모드에 있을 때, 비컨(202) 둘레의 배제 구역 내에서 움직이는 것을 회피하기를 시도하기 위해 검출을 사용할 수 있다. 배제 구역의 1차 목적은 로봇(212)이 비컨(202) 자체와 부딪쳐서 그를 이동시키는 것을 방지하는 것이다.

[0105] 운행 비컨(202)은 비컨(202)이 관문(210) 내에 위치한 채로, 한정된 영역(204) 내로 (본원에서, "방향성 방출", "방향성 비임", "진출 비임" 또는 "견인 비임"으로도 설명되는) 제1 방향성 벡터링 방출(216)을 그리고 한정된 영역(206) 내로 제2 방향성 벡터링 방출(217)을 송신하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 로봇(212)은 이주 모드에 있을 때 방향성 방출(216)을 검출하면 비컨(202)을 향해 주행할 수 있다.

[0106] 이주 모드에 있을 때, 로봇(212)은 로봇(212)의 전방 (즉, 전진 로봇 주행 방향과 정렬된 로봇(212)의 면) 상에 위치한 (본원에서, 예를 들어 시준 튜브 내에 쌍둥이 검출기를 포함하는 "쌍안 센서"로도 설명되는) 방향성 수신기(218)로 방향성 방출(216)을 감지함으로써 방향성 방출(216)을 검출할 수 있다. 대안적으로, 로봇(212)은 방향성 수신기(218)에 의한 검출 이전에 전방향성 수신기(222)로 방향성 방출(216)을 감지할 수 있다. "전방향성 수신기"라는 용어는 본원에서 설명되는 바와 같이, 비방향성 및 다방향성 수신기, 예를 들어 로봇의 주변부 주위에 배향된 (원주 지점 등의) 2개 이상의 센서를 포함하는 수신기를 포함한다. 로봇(212)은 전방향성 수신기(222)에 의해 검출된 신호를 사용하여, 방향성 수신기(218)로 방향성 방출(216)을 감지하도록 움직일 수 있다 (제자리에서 회전하거나 전진 또는 후진 방향으로 가면서 회전할 수 있다). 로봇(212)은 그의 이동 방향을 방향성 방출(216)의 모서리(220)에 의해 형성된 경로와 정렬시킬 수 있다. 방향성 및 전방향성 수신기(218, 222)는 위에서 설명된 것과 유사한 구성 및 기능을 가질 수 있다.

[0107] 몇몇 경우에, 로봇(212)은 그가 비컨 주계(224) (즉, 근접 필드 방출(214)의 모서리)를 감지할 때까지, 방출 경로를 따라 비컨(202)을 향해 이동할 수 있다 (즉, 쌍안 센서(106)의 2개의 비임 검출기(114, 116)를 사용하여 서보 제어할 수 있다). 로봇(212)은 비임 주계(224)를 따라 관문(210)을 통해 한정된 영역(206) 내로 이동할 수 있다. 관문 방출(208)과 방향성 방출(216) 사이의 각도는 몇몇 경우에, 약 45 내지 90° 사이일 수 있고, 선택적으로는 약 60° 이다. 관문 방출(208)은 로봇 직경에 따라 크기가 결정되고, 근접 필드 모서리 또는 검출 범위에서 (예를 들어, 그러한 지점에서의 로봇 횡단을 방지하기 위해) 대략 로봇의 폭이 되도록 발산한다. 이는 10° 이상에 걸칠 수 있지만, 로봇 직경에 의해 결정된다. 관문 방출(208)의 중심과 각각의 방향성 방출(216)의 중심 사이의 각도는 2개의 상이한 예에서, 약 45° 또는 약 60° 이고, 각각의 방향성 방출(216) 비임은 방출기 부근에서 슬롯 마스크에 의해 확산되는 발산 비임이고, 2개의 상이한 예에서, 약 20 - 30° (예를 들어, 25°) 또는 약 30 - 50° (예를 들어, 40°)이다. 몇몇 경우에, 방향성 방출(216, 217)은 적외선으로 구성될 수 있다.

[0108] 로봇(212)은 방향성 방출(216) 또는 관문 방출(208)과 같은, 비컨(202)으로부터 나오는 방출을 원격으로 활성화 및/또는 불활성화할 수 있다. 다양한 방법이 로봇(212)과 운행 비컨(202, 203) 사이에서 신호를 송신하기 위해 사용될 수 있다.

[0109] 특히, 각각의 비컨(202, 203)의 각각의 방출기에 대해 그리고 또한 로봇(212)을 위한 충전 또는 기타 도크(240)에 대해 동일한 저렴하고 일반적인 IR-LED 방출기를 사용하는 것이 효과적이다. 로봇(212) 상의 동일한 센서들은 모든 방출기를 검출할 수 있고, 로봇(212) 상의 상이한 센서(예를 들어, 다방향성 및 시준된 방향성 센서)들은 상이한 목적(예를 들어, 본원에서 설명되는 바와 같이, 따라가기, 호밍, 정지)으로 동일한 방출기들을 검출할 수 있다. 상이한 방출기들을 구별하기 위해, 각각의 방출기는 엔코딩(예를 들어, 상이한 일련 코드로 변조)될 수 있다. 이는 또한 가정용 및 기타 원격 제어와, 태양광 및 다른 주변 광원의 IR 성분과의 혼동을 피하는 것을 돕는다. 그러나, 도23에 도시된 바와 같이, 로봇(212)은 그가 여러 상이한 방출기들의 방출 경로를 통해 이동하는 상황에 직면할 수 있다.

[0110] 이러한 상황에서, 특히 광학식 다방향성 수신기 또는 일반적인 광학식 전방향성 수신기 (다른 경우에는, 예를 들어 RF)를 사용할 때, 센서 또는 소프트웨어 구조는 여러 신호들이 동시에 수신될 때 방출기들을 분별할 수 있도록 구성된다. 상이한 주파수들이 이용 가능하면, 이들이 채용될 수 있다. 하나의 전략은 방출기들이 로봇과 의 또는 서로와의 통신에 의해 동기화되며, 교대하는 것이다. 그러나, 이는 복잡하고, 동기화가 실패하면 고장 모드를 도입한다. 각각의 비컨(202, 203) 및 도크(240)가 자동 제어되고, 각각의 방출 사이의 간격에서 그들

자신의 신호들에 시차를 두는 것이 유리하다. 예를 들어, 각각의 송신된 방출은 (예를 들어, 각각의 비임 공급원에 대해 상이할 수 있는) 고정 주기 무작위 오프셋으로 시분할 멀티플렉싱함으로써 (즉, 하나 이상의 비임을 갖는 비컨 내에서 또는 여러 비컨들 중에서, 비임 기원들이 하나의 시스템으로서 모이는 것과 같은 멀티플렉싱에 의해) 구별될 수 있다. 간격 또는 무작위적인 오프셋은 시간에 따라 (예를 들어, 무작위적인 간격으로) 또는 로봇과의 통신에 의해 (예를 들어, 로봇이 간섭 조건을 검출할 때의 RF 통신에 의해) 변화될 수 있다. 제조시에 또는 오프셋을 변화시킬 때, 예를 들어 오프셋은 조화롭게 간섭하기 어렵거나 공통의 인자를 공유하지 않는 오프셋들의 세트로부터 선택될 수 있다. 이러한 방식으로, 로봇은 한 번에 여러 방출 경로와 마주치지만 각각의 식별 정보를 분별할 수 있다. 다른 경우에, 각각의 송신된 방출은 광의 상이한 파장들, 적외선 변조, 및 방출기 및 수신기 상의 파장 필터/창에 의해 구별될 수 있다.

[0111] 로봇(212)은 이주 모드를 개시할 때, 원격으로 방향성 방출(216)을 활성화하며 관문 방출(208)을 불활성화하도록 비컨(202)에 신호를 보내기 위해 RF 통신을 사용할 수 있다. 다른 예에서, 로봇(212)은 이주 모드를 빠져나올 때, 원격으로 방향성 벡터링 방출(216)을 불활성화하며 관문 방출(208)을 활성화한다.

[0112] 몇몇 경우에, 로봇(212)은 관문 방출(226)을 활성화하여 한정된 영역(206, 207)들을 분리하고, 청소 모드를 개시할 수 있다. 전술한 것과 유사하게, 로봇(212)은 그가 관문 방출(208, 226)과 마주치면, 한정된 영역(206)을 떠나는 것이 방지될 수 있다. 한정된 영역(206) 내에서 청소를 마무리하면, 로봇(212)은 이주 모드를 개시하고, 방향성 방출(230)을 따라감으로써 관문(228)을 통해 근접 방출(232)의 주계(234)로 운행하여 한정된 영역(207)으로 진입할 수 있다. 한정된 영역(207) 내에서, 로봇(212)은 청소 또는 작업 모드로 재진입할 수 있다. 예를 들어, 설정된 기간 또는 미리 설정된 관문 방출(208)과의 마주침 회수 후에, 로봇(212)은 한정된 영역(204)으로부터 한정된 영역(206)으로 이주할 수 있다.

[0113] 대안적으로, 가상벽 방출기(관문)는 로봇이 관문을 횡단하도록 허용하기 위해 스케줄에 따라 그 자신을 독립적으로 불활성화하도록, 예를 들어 (제1 또는 현재의 공간 내에 제한하도록) 제1 간격 동안 가상벽으로서 작용하고, 그 다음 일시적으로 또는 단속적으로 불활성화되고, 그 다음 (제2 또는 다음의 공간 내에 제한하도록) 제2 간격 동안 가상벽으로서 작용하도록 설정될 수 있다. 이러한 기술은 또한 상호 작용적일 수 있고, 예를 들어 로봇은 가상벽을 불활성화하거나 가상벽을 우회/횡단하기 위해 하나 이상의 비컨과의 RF 통신을 사용할 수 있다.

[0114] 본원에서 모든 경우에, 로봇의 거동 시스템은 베타 검출 이벤트를 포함한 장애물 이벤트가 임의의 공간 대 공간 운행 또는 청소보다 더 높은 우선권을 갖도록 배열되는 것을 알아야 한다. 따라서, 예를 들어, 로봇이 운행 또는 다른 순차적 거동의 세트 중에 베타 검출에 직면하면, 로봇은 (시퀀스의 현재 부분을 중지하고 시퀀스의 상태를 복원하여) 베타를 피할 수 있다.

[0115] 도23은 도22와 유사하지만, 로봇이 2개의 비컨 방출기 및 도크(240)로부터 복수의 비임과 마주치는 상황을 도시하기 위해 (베이스 스테이션이 추가되어) 배열된 공간 설정을 도시한다. 위에서 기술된 비임 혼란을 피하는 전략을 사용하여, 로봇(212)은 공간들을 운행할 수 있거나, 로봇(212)은 제2 영역 내에서의 이주 모드의 종결시에 한정된 영역(206) 내의 베이스 스테이션(240)을 향해 움직여서 스테이션과 도킹하기 위한 도킹 모드를 자동으로 개시할 수 있다.

[0116] 베이스 스테이션(240)은 베이스, 로봇 충전기, 전방향성 비임 방출기 및 2개의 운행 필드 방출기를 포함할 수 있고, 전술한 베이스 스테이션(180)과 유사할 수 있다. 로봇(212)은 스테이션(240)과 도킹될 때까지, 도킹 방향과 정렬된 중첩된 필드(246, 248)들의 측방 필드 모서리(242 또는 244)들 중 하나를 검출하여 그를 따라 전진함으로써 베이스 스테이션(240)을 향해 움직일 수 있다.

[0117] 로봇(212)은 로봇 상의 전방향성 수신기(222)로 베이스 스테이션(240)의 방출을 검출할 수 있고, 적어도 하나의 필드 방출(246 또는 248)의 외측 측방 필드 모서리(예를 들어, 247)를 검출하도록 움직일 수 있다. 로봇(212)은 그 다음 외측 측방 필드 모서리(247 또는 249)를 따라, 중첩된 필드들의 정렬된 측방 필드 모서리(242 또는 244)로 전진할 수 있다. 정렬된 측방 필드 모서리(242 또는 244)를 검출하면, 로봇(212)은 베이스 스테이션(240)과 도킹될 때까지 정렬된 측방 필드 모서리(242 또는 244)를 따라 전진한다.

[0118] 도24A는 목표 지향형 또는 순차적 거동이 단순화된 형태로 도시되어 있는, 제어기(250) 내의 거동 소프트웨어 아키텍처를 도시하는 블록 선도이다. 도24B는 동일한 소프트웨어 아키텍처를 도시하지만, 도24A의 요소들 중 일부를 단순화하면서, 목표 지향형 또는 순차적 거동에 대한 세부를 제공한다.

[0119] 본원에서 설명되는 로봇의 실시예가 거동에 기초한 제어를 단지 부분적으로 사용하거나 전혀 사용하지 않을 수

있지만, 거동에 기초한 제어는 로봇을 강건하게 (즉, 고착되거나 고장 나지 않게) 그리고 안전하게 제어하는 데 효과적이다. 따라서, 도24A 및 도24B는 이동 로봇의 개선된 제어를 허용하는 소프트웨어 아키텍처를 도시한다. 완전 반응형 아키텍처이기보다는, 도24A 및 도24B는 부분 반응형인 (더욱 강건한) - 목표 지향형, 순차적 반응형 거동인 계획 요소를 도입한다.

[0120] 반응형지만 순차적인 거동에서, 시퀀스 내의 관련된 거동의 목시적 성공은 (무엇보다도) 시퀀스 내의 개시 거동을 넘어 각각의 거동에 대한 가능화 조건이다 (몇몇 시퀀스는 하나 이상의 개시 거동 또는 분지를 가질 수 있다). 목시적 성공은 플래그, 상태 기계 등의 형태로, 연속적인 거동의 가능화 조건을 나타내는 상태로서 유지된다. 상태는 완료 시의 거동 자체에 의해, 중재기 프로세스에 의해, 또는 계획 프로세스에 의해 설정 또는 변화될 수 있다.

[0121] 도24A를 참조하면, 로봇(302)은 제어기(250) 내의 중재기(252)에 의해 실행되는 복수의 거동을 갖는 제어 및 소프트웨어 아키텍처를 채용한다. 거동은 센서 이벤트 또는 플래너(253)로부터의 시퀀스 상태 이벤트에 응답하여 중재기(252) 내로 입력된다. 일 실시예에서, 모든 거동은 서로에 대해 고정된 상대적인 우선권을 갖는다. 중재기(252)는 (이러한 경우에) 가능화 조건 - 거동들은 가능화 조건의 완전한 세트를 가짐 - 을 인식하고, 가능화 조건을 충족시킨 것들 중에서 최고의 우선권을 갖는 거동을 선택한다. 도24A 및 도24B에 도시된 선도는 로봇(302)의 (고정된) 우선권 계층을 반드시 반영하지는 않는다. 감소하는 우선권의 순서로, 거동들은 대체로 (벼랑을 피하거나 코너를 탈출하는 것과 같은) 탈출 및/또는 회피 거동과, 작업 거동(예를 들어, 벽 따라가기, 반발, 또는 직선 주행)과, 이러한 적용을 목적으로 하는 순차적 반응형 거동으로서 분류된다. 거동들은 (예를 들어, 전체 내용이 본원에서 참조되어 통합된 미국 특허 제6,809,490호에 개시된 바와 같이, 코너 탈출, 협로 운행 방지, 고착 상황, 몇몇 회피 거동을 억제하는 "탄도형"의 일시적인 스스로 목표를 향하는(fire-and-forget) 이동을 포함한) 상이한 탈출 거동(255, 255a, 255n)들과, 벼랑 회피(256)와, 가상벽 회피(258: 가상벽은 관문 비임을 갖는 비컨일 수 있음)와, 한 부류의 다른 회피(258n: 예를 들어, 고온계에 의한 사람 회피, 대체로 로봇(302)에 대한 위해 요소이거나 로봇(302)이 위해 요소가 될 수 있는 것을 검출하여 그로부터 멀리 이동하는 부류)와, 집중 커버리지(264a: 나선형 또는 반복형 구획과 같은 제한된 패턴의 커버리지)와, 정렬(264b: 장애물 따라가기 중에 마주친 전방의 장애물, 예를 들어 내부 코너와 정렬되도록 측면 근접 센서를 사용한 제자리에서의 회전)과, (로봇의 측면으로 연장되는 측면 근접 센서 또는 범퍼를 사용하여 장애물을 따른 실질적으로 평행한 따라가기 또는 용기부 따라가기 중 하나 또는 모두를 나타내는) 따라가기(264c)와, "반발"(264d: 로봇이 물체와 충돌한 후에 발생하는 거동)하기 위한 용기부에 대한 응답과, 주행(266)을 포함할 수 있다. 로봇(302)의 이동은 거동이 중재되면서 발생한다. 하나 이상의 거동이 중재기(252) 내에 있으면, 더 높은 우선권을 갖는 거동이 임의의 대응하여 요구되는 조건이 만족되는 한 실행된다. 예를 들어, 벼랑 회피 거동(256)은 벼랑이 벼랑 검출 센서에 의해 검출되지 않으면 실행되지 않을 것이지만, 벼랑 회피 거동(256)의 실행은 가능화 조건을 만족시킨 다른 거동의 실행에 대해 항상 우위를 점한다.

[0122] 반응형 거동은 그의 가능화 조건 또는 트리거로서 다양한 센서 및 현상의 검출을 갖지만, 대체로 시퀀스의 (임의적인) 상태는 갖지 않는다. 도24A에 도시된 바와 같이, 이는 전방 근접 검출(다중), 전방 용기부 검출(다중), 벼랑 센서(다중), (커버리지 트리거로 간주될 수 있는) 가상벽 신호의 검출과 같은 장애물 회피 및 검출을 위한 센서를 포함한다. 이러한 유형의 센서는 가능화 조건을 발생시킬 수 있으며 거동이 예측 가능하게 그리고 모든 이용 가능한 정보(예를 들어, 1 비트 "참/거짓" 신호로의 변환, 일 군의 센서로부터의 강도 또는 시간 차이에 기초한 충격 또는 입사의 가능한 각도의 기록, 또는 이력, 평균, 주파수, 또는 편차 정보)에 근거하여 작용하는 것을 돕는 데이터를 기록할 수 있는, 필터, 조절부(292c), 및 이들의 구동기(292b)에 의해 감시되고 조절된다.

[0123] 실제 물리적 센서는 조절부 및 구동기로부터 합성된 "가상" 센서에 의해 아키텍처에 있어서 표현될 수 있다. 추가의 "가상" 센서는 모터의 과전류, (휠 엔코더 또는 카운터로부터의 주행 기록 판독의 결여의 감시에 의한) 로봇(302)의 정체 또는 고착 조건, 전기량 측정에 의한 배터리 충전 상태, 및 다른 가상 센서("가상 N")와 같은, 로봇(302) 상에서 자가 수용적이거나 해석된, 검출 가능하거나 해석된 물리적 특성으로부터 합성된다.

[0124] 또한, 반응형 거동은 추궁되거나 추종되어야 하는 검출된 현상을 나타내는 가능화 조건에 따라 작용할 수 있다. 비임 또는 무선(RF, 음향) 신호가 방향이 없이 또는 몇몇 경우에 방향을 가지고 검출될 수 있다. 방향을 주는 원격 비임 또는 표지자(바코드, 역반사, 구분체, 기준, 또는 시각 경계표에 의해 인식되는 자연물)가 호밍 또는 상대 이동을 허용할 수 있고, 방향이 없이도, 로봇(302)은 검출된 신호의 존재, 부재, 및/또는 상대 강도에 근거하여 서보 제어하도록 이동할 수 있다. 로봇(302), 모서리, 또는 라인으로부터의 비임의 반사는 유사하게 검출될 수 있고, (로봇(302)에 의한 장애물 따라가기와 같은) 따라가기 거동이 그러한 신호에 근거하여 서보 제어

함으로써 수행된다. 부스러기 또는 인공물 신호가 로봇에 의해 수집되거나 횡단된 부스러기 또는 물체를 감지함으로써 수집될 수 있고, 그러한 신호는 집중 커버리지 패턴을 제어하는 반응형 거동에 대한 가능화 조건일 수 있다. 따라서, "탐색/서보 N" 신호의 일반적인 부류 또한 반응형 거동 가능화 조건 또는 트리거이다.

[0125] 로봇(302)은 반응형 거동으로 일반적으로 간주되지 않는 동시 프로세스인 "평행" 프로세스를 유지한다. 스케줄러(292d)가 협동식 또는 다른 멀티태스킹 방식으로 프로세서 시간을 예를 들어 중재기 및 거동을 포함한 대부분의 다른 프로세스에 할당하기 위해 필요할 수 있다. 더 많은 스레딩(threading)이 이용 가능하면, 더 적은 프로세스가 스케줄러(292d)에 의해 관리될 수 있다. 기술된 바와 같이, 필터 및 조절부(292c) 및 구동기(292b)가 원 신호를 해석하고 번역할 수 있다. 이러한 프로세스는 반응형 거동으로 간주되지 않고, 모터 드라이브 또는 다른 액추에이터에 대해 직접적인 제어를 실시하지 않는다. 또한, 본 실시예에서, 브러시 모터 제어기(292a)(들)이 메인 및 사이드 브러시를 제어하지만, 이들은 대안적으로 전용 브러시 거동 및 브러시 제어 중재기에 의해 제어될 수 있다.

[0126] 도24B(도24A와 동일한 도면이지만, 도면의 다른 영역들이 명확함을 위해 강조/약화됨)를 참조하면, 특수한 동시 프로세스는 시퀀스 플래너(253)이다. 시퀀스 플래너(253)는 순차적 반응형 거동을 제어하기 위해 상태를 감지 및/또는 유지할 수 있고, 예를 들어 (중재기(252)에 의해 포착될) 가능화 조건을 설정할 수 있고, 그리고/또는 중지 조건(예를 들어, 타임 아웃, 탈출 또는 회피 거동 실행)의 경우에 상태를 복원할 수 있고, 그리고/또는 상태들 사이에서 변환되는 유한 상태 기계를 감지 또는 감독할 수 있다. 순차적 반응형 거동들 사이의 변환을 요청하는 가능화 조건 상태 또는 플래그 또는 감독되는 상태 기계는 효율 및 상황에 의존하여, 거동 자체에 의해, 중재기에 의해, 또는 시퀀스 플래너(253)에 의해 설정될 수 있는 것을 알아야 한다. 시퀀스 플래너(253)는 선택적으로 거동에 우선 순위를 주기 위해 (예를 들어, 다시 우선권을 주기 위해) 또는 가능화 조건, 상태 변수 또는 상태 기계를 설정하지 않고서 순차적 반응형 거동을 직접 제어하기 위해 중재기(252) (또는 제2 중재기(252A))를 직접 제어하는 것이 가능할 수 있는 것도 알아야 한다.

[0127] 유지 상태가 경쟁력 있는 반응형 제어 아키텍처의 강건성을 잠재적으로 감소시키는 것으로 인식지만, 의도된 작용들의 시퀀스가 몇몇 상태의 유지를 요구할 수 있다. 본원에서 설명되는 바와 같이, 순차적 반응형 거동이 1차적인 기능 실패가 없이 강건하게 복원 또는 소거될 수 있는 요청 상태를 사용하여 실행되도록 제어되면, 강건성의 감소가 감소될 수 있다.

[0128] 하나의 예시적인 순차적 반응형 거동 세트가 공간들 사이를 통행하거나 말단 공간으로 운행하기 위해 로봇(302)에 의해 채용된다. 도24B에 도시된 바와 같이, 호밍 비임 정렬 거동(294a)은 정렬 시작(예를 들어, 호밍 요청) 가능화 조건이 활성화되고, 호밍 대상 비임이 다방향성 센서에 의해 검출되는 가능화 조건을 포함한다. 아래에서 설명될 바와 같이, 호밍 요청 가능화 조건은 상이한 방식으로 설정 및 유지될 수 있다. 호밍 비임 호밍 거동(294b)은 정렬이 성공적이면 실행된다. 그러나, 정렬이 우연히 발생할 수 있기 때문에 (호밍 요청이 활성화될 때 로봇이 이미 정렬되어 있을 수 있기 때문에), 호밍 비임 호밍 조건은 또한 가능화 조건으로서, 호밍 요청(플래그 또는 상태)과, 호밍 대상인 것으로서 식별된 (또는 예를 들어 그러한 검출과 동등하도록 필터링된) 비임에 실질적으로 반드시 지향되는 방향성 센서(쌍안)를 사용한 검출을 갖는다. 따라서, 2개의 순차적 반응형 거동은 각각 시퀀스로의 분리된 진입 지점이고, 공통의 반응형 시퀀스 요청 가능화 조건을 공유한다. 센서에 기초한 가능화 조건이 실패하면, 이러한 거동은 (내부적으로 또는 플래너(253)에 의해) 중지되고, 시퀀스 요청은 활성화로 유지되거나 (복원될 수 있다). 이러한 경우에, 시퀀스는 다음에 또는 센서에 기초한 가능화 조건이 발생하면 재시작될 수 있다. 선택적으로, (시퀀스 요청 또는 호밍 요청 가능화 조건을 불능화하면서, 무작위 커버리지로서의 무작위적인 거리 또는 시간 복귀와 같은) 무작위 구성요소가 시스템 고장 또는 루핑의 가능성을 감소시키기 위해 순차적 반응형 거동의 중지 후 따라 발생하도록 허용된다.

[0129] 호밍 비임 호밍 거동(294b)이 완료된 후에, 시퀀스는 로봇이 새로운 방향으로 통행하도록 비컨에 대한 필드 따라가기를 시작하는 것을 허용하기 위해 필드와 정렬되도록 적절하게 위치된 상태에 관한 가정이 이루어지는 상태에 있다. (새로운) 정렬 시작 가능화 조건(예를 들어, 필드 정렬 상태 또는 요청)은 조건 플래그 또는 상태 기계를 거쳐, 완료된 순차적 반응형 거동에 의해 또는 플래너에 의해 설정될 수 있다. 필드가 호밍 요청의 개시 시에 마주치는 제1 검출 가능 신호일 수 있는 가능성을 수용하기 위해, 다방향성 수신기에 의한 근접 필드의 검출은 필드와 마주칠 때 호밍 요청이 활성화되면, 필드 정렬 요청과 등가인 (OR) 조건이고, 이러한 조합은 또한 필드 정렬 거동(294c)을 개시해야 한다. 중지 조건이 없으면, 필드 정렬 거동(294c)이 실행된다. 필드 정렬 거동(294c)이 완료된 후에, (순차적 반응형 거동의) 시퀀스는 로봇이 필드 따라가기를 시작하도록 적절하게 배향된 상태에 관한 다음의 가정이 이루어지는 상태에 있다. (새로운) 따라가기 시작 가능화 조건(예를 들어, 필드 따라가기 상태 또는 요청)이 조건 플래그 또는 상태 기계를 거쳐, 완료된 순차적 반응형 거동에 의해 또는 플래

너에 의해 설정될 수 있다. 유사하게, 진출 거동(294e)은 1차 가능화 조건으로서, 센서 검출보다는 상태에 기초한 요청을 가질 수 있다. 각각의 이러한 거동(294a, 294b, 294c, 294d, 294e)은 아래에서 상세하게 설명된다.

- [0130] 이중 2가지 경우에, 선택적으로, 전체 시퀀스로 진입하기 위한 상태(호밍 요청)가 유지되고, 시퀀스의 다음 부분을 시작하기 위한 추가의 상태(필드 따라가기 요청, 진출 요청)가 설정되고, 두 조건들은 다음의 순차적 반응형 거동을 시작하기 위해 필요하다. 이는 (전체 시퀀스 요청 상태를 유지함으로써) 중지 직후에 시퀀스를 재시작하는 것을 허용한다. 대안적으로, 전체 시퀀스 진입 요청은 복원되고, 다음의 순차적 반응형 거동 진입 조건만이 설정된다 (필드 정렬 요청 또는 필드 따라가기 요청). 이는 전체 시퀀스가 중지 후에 (예를 들어, 플래너가 시퀀스 요청을 설정하게 하는 조건의 새롭거나 계속된 발생에 의해) 달리 재시작되게 하여, 모든 상태를 본질적으로 소거함으로써 (반드시 목표 특이적 강건성은 아니지만) 일반적인 강건성을 개선할 수 있다.
- [0131] 2가지 경우에, 센서에 기초하지 않는 조건이 시퀀스 내에서 다음의 순차적 반응형 거동에 대한 가능화 조건이지만, 가능화 조건은 시퀀스에 기초하거나 상태에 기초한 요청, 예를 들어 필드 따라가기 요청, 진출 요청이다. 따라서, 시퀀스는 (필드 따라가기 거동 또는 진출 거동과 같은) 다음의 순차적 반응형 거동에 대한 가능화 조건으로서 시퀀스 상태 또는 진행만을 포함하는 순차적 반응형 거동과, (비임 정렬 또는 견인 호밍 거동과 같은) 가능화 조건으로서 센서에 기초한 조건 및 시퀀스 상태, 진행 또는 요청을 포함하는 순차적 반응형 거동을 포함할 수 있다.
- [0132] 한 가지 경우에, 전체 시퀀스로 진입하기 위한 상태(호밍 요청)가 유지되고, 센서에 기초한 조건 또는 시퀀스에 기초한 요청이 시퀀스에서 다음의 순차적 반응형 거동(필드 정렬)에 대한 가능화 조건이고, 예를 들어 반응형 거동이 더 높은 우선권을 갖지 않으면, 호밍 요청 및 (필드 정렬 요청 또는 필드 검출)이 필드 정렬을 허용하도록 중재기에 의해 해석된다. 따라서, 시퀀스는 다음의 순차적 반응형 거동에 대한 가능화 조건으로서, 시퀀스 상태/요청의 조합, 또는 센서에 기초한 조건 및 시퀀스 요청/상태를 포함하는 순차적 반응형 거동을 포함할 수 있다.
- [0133] 진입 및 중간 시퀀스 분지가 센서에 기초한 조건 및 시퀀스 상태의 상이한 조합들에 의존하여 상이한 거동들을 가능화함으로써 가능하다는 것을 알아야 한다. 예를 들어, 시퀀스 내로의 2개의 가능한 진입 지점이 공통 진입 지점 가능화 조건(호밍 요청)과 동시에 상이한 센서 이벤트(다방향성 또는 방향성)들을 검출함으로써 허용되는 것처럼, 상이한 다음의 순차적 반응형 거동으로의 시퀀스 내에서의 분지는 공통의 중간 시퀀스 가능화 조건(예를 들어, 센서 이벤트 및 시퀀스 상태의 고유한 조합에 의해 각각 가능화되는 후보 거동들)과 동시에 상이한 센서 이벤트들을 검출함으로써 허용된다. 선택적으로, 상이한 시퀀스가 각각 상이한 상태에서 유지되면, 상이한 중간 시퀀스 상태 조합들이 시퀀스(고유한 조합에 의해 각각 활성화되는 후보 거동)들의 겹침을 허용한다.
- [0134] 시퀀스 플래너(253)는 선택적으로 운행 모드 상태 스위치 또는 유한 상태 기계(243a)를 유지하고, 그리고/또는 그러한 상태 또는 요청은 분리되어 유지된다 (예를 들어, 따라가기 시작, 따라가기 완료).
- [0135] 도24B에 도시된 바와 같이, 플래너(253)는 하나 이상의 순차적 반응형 거동을 내부에 각각 갖는 상이한 목표 지향형 시퀀스(1 - N)를 제어할 수 있다. 내부의 거동은 중재기(252)가 이용 가능한 후보 거동을 실행되게 하도록 요구하는 것으로서 식별한, 목표 상태, 진입 요청, 또는 다른 상태를 초기 조건으로서 가질 수 있다. 시퀀스의 초기 거동은 시퀀스 요청을 요구할 수 있고, 이후의 거동은 다음의 순차적 반응형 거동 요청 (또는 아울러 시퀀스 요청)을 요구할 수 있다.
- [0136] 순차적 거동은 적어도 반응형 거동과 동일한 중재기(252)의 지배를 받을 수 있기 때문에 시퀀스에 의존하지만 "반응형"이고, 그리고/또는 반응형 거동이 실시간 센서 이벤트에 대해 반응하는 것과 동일한 방식으로 가능화 조건으로서 시퀀스 상태에 대해 반응하고, 그리고/또는 적어도 탈출 및 회피 거동보다 더 낮게 우선권이 부여된다. 또한, 상태는 반응형 프로세스를 재시작하도록 전체적으로 복원될 수 있다. 시퀀스 또는 다음의 순차적 반응형 거동의 가능화 조건이 만족될 때에도, 가능화 조건을 만족시키고 연속적인 자동 작동을 보존하는 반응형 거동이 대신에 실행될 것이다. 로봇이 계속되는 자동 작동을 위해 복귀하여 충전하도록 대체로 허용하는 반응형 도킹 거동은 특히 운행 관련 순차적 반응형 거동보다 더 높게 우선권이 부여될 수 있다. 반응형 커버리지 거동은 특히 운행 순차적 반응형 거동 아래로 우선권이 부여될 수 있다. 본원에서 기술된 도킹 거동의 일부가 대안적으로 순차적 반응형 거동으로서 배열되거나, 다른 시퀀스가 가능하다. 본원에서 설명되는 바와 같은 비전에 기초한 운행은 순차적 반응형 거동을 비순차적 반응형 거동과 조합한 하나의 구현예의 일례이다.
- [0137] 도24B에 도시된 바와 같이, 제2 중재기(252a)가 (예를 들어, 시퀀스 플래너(253)와 조합하여) 순차적 반응형 거

동의 시퀀스를 감독할 수 있거나, (도시되지 않은) 마스터 중재기가 반응형 거동의 제1 중재기(예를 들어, 252) 및 상이한 순차적 반응형 거동의 이후의 중재기(예를 들어, 252a)를 감독할 수 있다.

[0138] 도24B에 도시된 바와 같이, 특히 운행 적용에 대해, 시퀀스 플래너(253)는 로봇이 작동하는 환경에 대한 지형 상태 맵 또는 이의 등가물의 형태로 위치 상태를 포함하거나, 감시하거나, 유지할 수 있다. 비컨을 사용하면, 이는 노드 및 링크를 갖는 지형 맵일 수 있고, 노드는 공간(링크는 관문 또는 비컨임) 또는 관문(링크는 관문의 측면임)일 수 있다. 위치 상태의 1차적인 용도는 중재기 또는 순차적 반응형 거동에 호밍 비임 또는 호밍 기준 식별 정보를 제공하는 것이다. 중재기에 제공되면, 중재기는 비임이 위치 상태에 대한 올바른 식별 정보(엔코딩)를 가질 때에만 거동에 대한 센서에 기초한 가능화 조건(예를 들어, 비임 검출)을 인식할 수 있다. 대안적으로, 거동 자체는 수신된 가능화 조건(예를 들어, 비임 검출)의 식별 정보 또는 엔코딩을 조사한다. 비컨이 재배열되면 중지 조건이 생성될 수 있고, 이러한 중지 조건은 비컨 또는 기준의 목록화 또는 맵의 복원(새로운 맵핑이 필요함)을 일으킬 수 있다. 각 경우에, 로봇(302)은 국소 영역 내에서 커버리지 및 모든 다른 나머지 반응형 거동을 계속 제공한다. 위치 상태는 (충전을 위해 도크로부터 복귀하기 위해, 도크로부터 이격된 또는 말단의 방으로 바로 진행하기 위해) 이격된 또는 말단의 공간으로 또는 그로부터의 거리를 횡단하기 위해 순차적 반응형 거동들의 시퀀스를 연속적으로 실행하기 위해 플래너(253)에 의해 사용되고, 지형 맵 상에서 이동되는 방향에 의존하여, 운행 방향에 대한 올바른 순서로 안내 기준 또는 비임의 식별 정보를 제공함으로써 (위치 상태가 유지되는 한) 동일한 순차적 반응형 거동들이 상이한 방향으로의 운행을 위해 사용되도록 허용한다.

[0139] 플래너(253)에 의해 유지/실행되는 하나의 후보 루틴이 도25A에 도시되어 있다. 이러한 루틴의 요소들은 반드시 순서에 맞는 것은 아니다 (예를 들어, 상이한 상태들이 도시된 순서와 달리 점검될 수 있다). 플래너 루틴은 목표 지향형 또는 시퀀스 개시 조건을 감시한다 (502). 설명된 바와 같이, 이는 시간, 거리, 청결도 측정치, 장애물 상호 작용의 이력, 또는 만족되었을 때 (공간 사이에서의 운행과 같은) 계획된 시퀀스가 수행되어야 하는 것을 표시하는 다른 기준의 궤적을 기록하는 변수일 수 있다. 조건은 상태, 플래그 또는 유한 상태 기계의 상태일 수 있다. 그러한 조건이 존재할 때 (504), 플래너는 플래너가 그러한 시퀀스 상태를 유지하면, 요청된 시퀀스를 따라 로봇의 상태를 점검한다 (506). 예를 들어, 플래너(253)는 ("진출을 위한 정렬", "호밍", "호밍 후 정렬", 및 "필드 따라가기" 상태가 이용 가능한) 도25B에 도시된 바와 같이, 비컨 횡단 시퀀스의 상태를 정의하는 상태 맵 또는 유한 상태 기계의 현재 상태를 유지 또는 감시할 수 있고, 대안적으로 상태 맵 또는 유한 상태 기계가 예시될 수 있다. 플래너(253)는 추가적으로 또는 대안적으로 본원에서 설명된 바와 같은 호밍 요청과 같은 시퀀스 내로의 진입을 위한 거동 가능화 조건, 또는 전체 시퀀스 진입 거동 가능화 조건 및/또는 다음의 순차적 반응형 거동 가능화 조건을 설정한다 (508). 플래너(253)는 예를 들어 안내 변수를 식별하는 맵의 상태에 따라 (예를 들어, 도25C에 도시된 바와 같이, 라이트 하우스/비컨(X, Y, Z)의 어떤 비임(A 또는 B - "녹색" 또는 "적색")이 어떤 공간(1, 2, 3) 또는 도크에 연결되는 지를 정의하는 맵의 상태에 따라, 그리고 플래너(253)에 의해 정의된 다음의 목표 공간에 따라), (예를 들어, 따라가야 하는 비임 또는 호밍 대상 기준 또는 진행해야 하는 행로의 식별 정보와 같은) 거동 또는 중재기가 인식하는 안내 변수를 추가로 설정할 수 있다 (510). 플래너(253)는 추가로 진행 중인 순차적 반응형 거동의 중지 조건(512, 예를 들어, 타임 아웃, 반응형 회피 또는 탈출 거동에 의한 중단)을 감시할 수 있고, 그러한 중지 시에 시퀀스의 상태 및/또는 맵의 상태를 설정 또는 복원할 수 있지만, (거동은 또한 중지 이전에 내부적으로 이들을 설정 또는 복원할 수 있다).

[0140] 로봇(302)이 규정된 청소 기간이 경과했다고 검출하거나 로봇(302)이 규정된 개수의 용기부를 검출하거나 로봇이 순차적 거동들의 세트를 요구하는 규정된 조건을 검출한 후에, 제어기(250) 상에서 실행되는 시퀀스 플래너(253)는 청소 모드를 빠져나와서 이주 모드로 진입하도록 결정할 것이다. 로봇은 또한 말단의 또는 이격된 공간으로 진행하여 거기서 청소를 시작하기 위해, 도크로부터 바로 이주 모드로 진입할 수 있다. 이주 모드는 하나의 공간으로부터 인접한 공간으로 이동하는 작업을 실행한다. 위에서 설명된 바와 같이, 이주 모드는 유리하게는 획일적인 프로세스가 아니고, 이주 모드 요청(본원에서 "호밍 요청"으로도 설명됨)의 가능화 조건을 갖는 초기 거동에 의해 시작되는 연속적인 순차적 반응형 거동들이다. 플래너(253)는 "새로운 공간"/호밍 요청 가능화 조건, 상태, 또는 플래그를 일으킬 것이다. 나머지 가능화 조건은 (로봇이 비임 내에 있으면 실질적으로 즉시, 또는 로봇이 만족된 가능화 조건을 갖는 커버리지 거동을 계속하면서 비임과 마주친 후에) 비임이 검출되면, 중재기(252)에 의해 실행되도록 선택되는 호밍 비임 정렬 거동(294a)을 트리거링하는 (선택적으로, 위치 상태(253b)에 따라 호밍 대상 라이트 하우스/비컨에서 유래하는 것으로 식별된 하나의 비임으로 제한된) 안내 견인 비임의 센서 검출이다. 로봇(302)은 호밍 비임 정렬 거동(294a)을 실행함으로써 하나의 한정된 영역으로부터 인접한 한정된 영역으로 이주하는 작업을 수행하고, 동시에 (임의의 벼랑 검출기가 바닥을 확인하는데 실패한 임의의 경우에, 즉 더 높은 우선권 및 반응형 회피 거동의 가능화 조건이 만족된 경우에) 벼랑 회피(256)를 그리고 (예를 들어 중지 조건이 시퀀스를 복원하면) 주행(266) 거동을 실행할 수도 있다. 복수의 거동

이 센서 입력 또는 플래너(253)에 의해 트리거링되면, 중재기(252)는 우선권의 순서로 거동들을 중재할 것이다. 즉, 중재기는 또한 반응형 거동들의 상이한 시퀀스들 사이에서 중재할 수 있거나, 플래너는 하나의 시퀀스만을 시작할 수 있다. 비컨 횡단 시퀀스(262)는 본원에서 설명된 바와 같이 제어기 입력에 기초하여 순차적으로 실행되는, 호밍 비임 정렬 거동(294a)에서 시작하는, 5개의 순차적 반응형 거동을 갖는다. 로봇(302)이 더 높은 우선권을 갖는 거동의 실행을 요구하는 (용기부 센서 입력과 같은) 신호 입력을 경험하면, 로봇(302)은 더 높은 우선권의 거동을 실행할 것이고, 이후에 필요한 가능화 조건의 존재 시에, 반응형 순차적 거동의 이전의 시퀀스들을 재개할 수 있다.

[0141] 도31A - 도31G는 로봇이 하나의 영역으로부터 다른 영역으로 이주하기 위해 운행 비컨(304)을 사용할 때, 거동에 기초한 자동 커버리지 로봇(302)을 도시하는 평면도이다. 도26 - 도30은 비임 정렬(294a), 비임 호밍(294b), 필드 따라가기(294c), 필드 정렬(294d), 및 비컨 떠나기(294e) 거동을 포함한, 비컨 횡단 순차적 반응형 거동(262)들을 도시하는 도면이다.

[0142] 비컨 횡단 시퀀스(262)는 비컨(304)과 관련된 제1 한정 영역 내에서의 로봇 위치에 의존하여, 비임 호밍(294b) 또는 비임 정렬 거동(294a)으로 진입함으로써 시작한다. 대체로, 로봇(302)은 그의 전방향성 수신기(104)로 운행 비컨(304)으로부터 제1 영역 내로의 제1 방향성 비임(306)을 검출하기 위한 움직임(예를 들어, 360° 회전 또는 원을 그리는 주행)을 개시한다.

[0143] 도26은 비임 정렬 거동(294a)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 중재기(252)는 적어도 호밍 요청 상태 또는 요청이 존재할 때까지 비임 정렬 거동(294a)을 후보로서 (즉, 만족된 가능화 조건을 갖는 다른 거동과 함께 우선권이 부여되도록) 허용하지 않을 것이고, 방향성 또는 건인 비임(306)은 로봇(302)의 다방향성 또는 전방향성 센서(322)에 의해 거동 가능화 조건 또는 트리거로서 수신된다. 실행을 허용하기 위해, 더 높은 우선권의 거동(예를 들어, 반응형 거동)은 만족된 가능화 조건을 갖지 않는다. 이러한 건인 또는 방향성 비임(306)은 (예를 들어, 현재의 맵 상태에 대응하는 식별 정보 또는 엔코딩을 갖는 비임에만 응답함으로써) 상태 맵 상에서의 로봇(302)의 현재 위치에서 예상되는 것으로 제한될 수 있다. 이들이 만족되면, 중재기(252)는 비임 정렬 거동(294a)이 실행되도록 허용한다. 각 조건이 더 이상 만족되지 않으면, 거동은 중지될 수 있다. 도26에 기술된 바와 같이, (예를 들어, 행방불명 거동 가능화 조건, 타임 아웃, 또는 더 높은 우선권의 거동에 의한 치환을 포함한) 중지 조건이 시퀀스의 진행 및 로봇(302)의 위치를 반영하는 상태를 유지할 수 있는 플래너(253)에 의해 감시될 수 있다. 비임 정렬 거동(294a)은 로봇(302)을 무작위적인 방향에서 시작하여, 본질적으로 제자리에서 회전 또는 피벗시킨다 (522). 가능한 비임 방향은 또한 예를 들어 동시 프로세스에 의해 감시되는 지난 비임 방향에 기초하는 상태로서 유지될 수 있고, 그렇다면, 회전 방향은 더 짧을 것으로 예상되는 것일 수 있다. 방향성 수신기(318)가 방향성 비임(306)을 감지하면 (524), 거동은 종료한다. 올바른 비임이 마주치고 시퀀스에 대한 유효한 진입 지점일 때, 호밍 요청이 활성인 한, 로봇(302)이 정렬되어 호밍하도록 계속 시도할 것이므로, 비임 호밍 거동(294b)이 뒤따를 수 있게 하기 위한 요청으로서 상태를 설정할 필요는 없다. 시퀀스의 이후의 단계는 중간 시퀀스이고, 그러한 상태를 사용할 수 있다. 따라서, 비임 정렬 거동(294a)은 더 높은 수준의 반응형 제어 및 가능하게는 강건성을 유지하기 위해 상태를 설정하지 않는 것을 선택하는 일례이다.

[0144] 도31A는 플래너(293)로부터의 호밍 요청이 활성일 때, 로봇이 운행 비컨(304)에 의해 방출된 제1 방향성 비임(306)과 마주칠 때의, 비임 정렬 거동(294a)을 위한 준비 및 그의 실행 중의 로봇(302)을 도시한다. 제1 방향성 비임(306)을 검출하면, 로봇(302)은 비임 정렬 거동(294a)을 시작한다. 비임 정렬(294a) 중에, 주행 시스템(130)은 (예를 들어, 예를 들어 무작위적인 방향에서 시작하여, 제자리에서 회전함으로써) 로봇 주행 방향과 정렬된 방향성 수신기(318)로 제1 방향성 비임 방출(306)을 검출하도록 로봇(302)을 움직인다. 방향성 수신기(318)의 2개의 구성요소 수신기(114, 116)로부터의 신호를 사용함으로써, 로봇(302)은 주행 방향을 비컨(304)의 방향성 방출(306)과 정렬시킨다. 도31B는 로봇이 전방향성 수신기(322)로 비임(306)을 검출하여, 비컨(304)을 향하도록 회전할 때의 로봇(302)을 도시한다.

[0145] 로봇(302)이 방향성 수신기(106)를 사용함으로써 주행 방향을 비컨(304)의 방향성 방출(306)과 정렬시킨 후에, 로봇은 비임 호밍 거동(294b)을 시작할 수 있다.

[0146] 도27은 건인 또는 방향성 비임 호밍 거동(294b)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 중재기(252)는 적어도 호밍 요청 상태 또는 요청이 활성이 될 때까지 (최고 우선권의 후보)의 실행을 허용하지 않을 것이고, 방향성 또는 건인 비임(306)은 거동 가능화 조건 또는 트리거로서 로봇(322)의 방향성 센서(318)에 의해 수신된다. 이러한 건인 또는 방향성 비임(306)은 다시 상태 맵 상에서의 로봇(302)의 현재 위치에서 예상되는 것으로 제한될 수 있다. 이들이 만족되면, 중재기(252)는 비임 호밍 거동(294b)이 실행되도록 허용할 수 있다. 각 조건이 더 이상

만족되지 않으면, 거동(294b)은 중지될 수 있다. 도27에 기술된 바와 같이, 중지 조건 및 결과적인 상태는 플래너(253)에 의해 감독될 수 있다. 견인 또는 방향성 비임 호밍 거동(294b)은 방향성 비임 방출(532)을 따라간다. 따라가기의 하나의 예시적인 방식은 교대하는 곡선들을 사용하는 것이다. 방향성 쌍안 센서(318)의 각각의 평행 센서(114, 116)는 (예를 들어, 독립적으로 역치가 적용되거나, 서로에 대해 역치가 적용된) 신호 강도에 기초하여, 1-비트 참-거짓 값 반영 비임 존재를 반환하도록 조절된다. 로봇(302)이 비임(306)을 향해 그리고 그로부터 멀리 회전할 때, 참-거짓, 참-참, 및 거짓-참의 비임 검출이 가능하다 (조절은 또한 참-거짓 및 거짓-참에 대한 가능성을 제한할 수 있다). "뱅-뱅(bang-bang)" 서보 제어가 로봇(302)이 전방으로 이동할 때 회전 방향을 변화시키도록 사용될 수 있다. 각각의 회전은 감소하는 반경을 갖는 원호, 즉 내향 나선의 일부이다. 대안적으로, 아날로그 값이 유지될 수 있고, 더욱 복잡한 피드백 제어가 채용될 수 있다. 따라가기(532)는 대안적으로 로봇이 올바른 방향으로 진행하며 직선으로 전방으로 이동하는 것을 결정하기 위해 도킹에 대해 본원에서 설명된 주파수 및 편차 추적을 채용할 수 있다. 비방향성/전방향성 수신기(322)가 방향성 비임(306)을 감지하면 (534), 거동은 종료할 준비가 된다. 순차적 반응형 거동의 시퀀스를 계속하기 위한 상태 - 즉, 필드 정렬 요청이 설정되어야 한다. 거동(294b)이 이러한 상태 자체를 예를 들어 메모리 내의 플래그로서 설정할 수 있거나 (536), 플래너(253)가 거동(294a)이 완료되는 것을 감시할 수 있고, 유한 상태 맵 또는 기계 내에서 그러한 플래그 또는 상태를 설정할 수 있다.

[0147] 거동 시퀀스는 설명된 바와 같이, 비컨 횡단 시퀀스(262)를 개시한 후에, 방향성 수신기(318)가 이미 방향성 비임 방출(306)을 검출하여, 이미 방향성 비임 방출(306)과 정렬되어 있으면, 로봇(302)이 비임 정렬 거동(294a)을 건너뛰도록 허용한다. 중지 조건은 이를 방지하여, 이후의 재시작을 허용할 수 있다. 본원에서 설명되는 바와 같이, 반응형 거동에 기초한 제어 및 순차적 반응형 거동 제어의 조합이 유리하다. 그러나, 본원에서 설명된 몇몇 실시예는 다른 반응형 또는 비반응형 기술을 반드시 배제하지는 않는다. 비임 호밍 거동(294b)을 실행하면서, 로봇(302)은 방향성 수신기(318)의 신호에 응답하여 방향성 비임(306)과의 정렬을 유지하면서 (예를 들어, 방향성 비임에 대해 서보 제어하면서) 운행 비컨(304)을 향해 이동한다. 도31C는 운행 비컨(304)에 접근하는 로봇(302)을 도시한다. 로봇(302)이 비임(306)의 모서리(320)를 따라갈 때, 로봇(302)은 그의 진로를 화살표(308)에 의해 도시된 바와 같이 조정한다. 도31C에 도시된 바와 같이, 로봇(302)은 비컨(304)으로부터 모든 방향으로 측방으로 투사되는 근접 필드 방출(310: 또는 "제한 필드")과 마주치면, 비컨(304)을 향한 이동을 정지시킨다.

[0148] 순차적 반응형 거동의 일부로서 적합한 대안적인 거동으로서, 방향성 수신기(318)가 전방향성 수신기(322)보다 이격된 거리에서 (예를 들어, 시준 및 제한에 의해) 더욱 민감하도록 선택되면, 방향성 수신기(318)는 전방향성 센서(322)가 수신하지 않더라도 제한 필드 방출(310)을 수신할 수 있다. 이러한 경우에, 방향성 센서(318)는 대안적으로 제한 필드 방출(310)에 근거하여 호밍하도록 사용될 수 있다. 이러한 경우에, 대안적인 거동은 센서에 기초한 가능화 조건이 제한 필드(310)가 지향성 센서(318) 내에서 확인되고, 호밍이 이러한 방출(310)에 근거하는 것을 제외하고는, 견인 호밍 거동(294b)과 일치하는 시퀀스 내에서 제공된다. 거동 강건성의 일례로서, 이러한 거동은 하나 또는 다른 하나가 더욱 신뢰할 수 있다는 실험적 증거에 의존하여 기존의 견인 호밍 거동(294a)보다 높거나 낮은 우선권을 가지고, 임의의 다른 거동을 변화시키거나 임의의 다른 프로세스를 중단시키지 않고서 반응형 거동의 시퀀스에 임의적으로 추가될 수 있다.

[0149] 근접 필드(310)를 검출하면, 로봇(302)은 필드 정렬 거동(294c)을 실행한다. 도28은 필드 정렬 거동(294c)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 중재기(252)는 적어도 호밍 요청 상태 또는 요청이 활성이 되고, 필드 정렬 요청이 활성이 되거나 근접 필드(310)가 비방향성 센서(322) 내에서 확인될 때까지, (최고 우선권의 후보의) 실행을 허용하지 않을 것이다 (이러한 근접 필드는 로봇(302)이 방향성 비임(306)과 마주치기 전에 근접 필드(310)와 우연히 "만날" 때, 거동 시퀀스가 필드 정렬(294c)로 진행하도록 허용함). 필드는 다시 상태 맵 상에서의 로봇(302)의 현재 위치에서 예상되는 것으로 제한될 수 있다. 이들이 만족되면, 중재기(252)는 필드 정렬 거동(294c)이 실행되도록 허용하고, 중지 조건은 플래너(253)에 의해 앞서 기술된 바와 같이 감독된다. 필드 정렬 거동(294c)은 로봇을 본질적으로 제자리에서 회전 또는 피벗시킨다 (544). 가능한 비임 방향이 비임 식별 정보 (예를 들어, 도크(340)를 향함, 도크(340)까지 좌측 비임(350)을 따라가는 것은 로봇(302)이 시계 방향으로 회전해야 하는 것을 의미하고, 우측 비임(360)을 따라가는 것은 반시계 방향임) 또는 다른 상태 또는 정보에 따라 결정될 수 있다. 로봇(302)은 더 짧은 것으로 예상되는 방향으로 또는 무작위적으로 회전할 수 있다. 전방향성 또는 비방향성 수신기(322)가 방향성 비임(306)을 감지하면 (546), 거동(294c)은 종료한다. 선택적으로, 거동(294c)은 (로봇(302)이 도크(340)에 대해 가로질러 회전될 가능성을 증가시키는) 방향성 비임(306)이 방향성 수신기(318) 내에 존재하지 않는다는 추가의 조건이 만족될 때까지 종료하지 않는다. 필드 따라가기 요청이 거동 자체에 의해 (548), 플래너(253)에 의해, 또는 달리, 설명된 바와 같이, 순차적 반응형 거동의 시퀀스를 계

속하도록 설정되어야 한다.

- [0150] 따라서, 도31D에 도시된 바와 같이, 로봇(302)은 방향성 수신기(318)로 근접 필드(310)를 검출할 수 있고, 로봇(302)이 비컨(304)을 향할 때와 같이, 제1 검출 비임(306)의 비임 엔코딩에 기초하여, 로봇(302)은 로봇 주행 방향을 다른 방향성 비임(314)을 향해 우측 또는 좌측으로 변경하는 피벗 움직임(예를 들어, 중심 직경 상의 주행 휠을 갖는 자동 주행 로봇 또는 홀로모닉(holomonic) 주행 또는 고도로 조향 가능한 로봇에 대한 제자리에서의 회전, 다른 구성에 대한 실질적인 제자리에서의 회전)을 개시할 것이다. 로봇(302)은 더 이상 방향성 수신기(106)로 근접 비임(310)을 검출하지 않으면, 피벗 조작을 정지시킨다.
- [0151] 로봇(302)은 방향성 비임(306)과 마주치기 전에 근접 필드(310)와 마주칠 수 있다. 이러한 경우에, 로봇(302)은 각각 비임 정렬 또는 비임 호밍 거동(294a, 294b)을 실행하지 않는다. 대신에, 로봇(302)은 근접 필드(310)의 엔코딩을 인식하고, 필드 정렬 거동(294d)을 실행한다.
- [0152] 로봇(302)이 더 이상 방향성 수신기(318)로 근접 필드 비임(310)을 검출하지 않으면, 로봇(302)은 필드 따라가기 거동(294c)을 실행한다.
- [0153] 도29는 필드 따라가기 거동(294d)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 중재기(252)는 적어도 호밍 요청 상태 또는 요청이 활성이 되고, 필드 따라가기 요청이 활성이 될 때까지, (최고 우선권의 후보의) 실행을 허용하지 않을 것이다. 기술된 바와 같이, 이는 시퀀스가 강건성을 보존하기 위해 더욱 쉽게 포기되어야 하면, 단순히 필드 따라가기 요청으로 제한될 수 있다. 필드는 선택적으로, 예상되는 것으로 제한된다. 이들이 만족되면, 중재기(252)는 필드 따라가기 거동(294d)이 중지 조건의 지배를 받으면서 실행되도록 허용할 수 있다. 필드 따라가기 거동(294c)은 앞서 설명된 바와 같이 교대하며 감소하는 반경 곡선을 사용하여 근접 필드 방출(310)의 모서리(312)를 따라간다 (554). 비방향성 센서(322)는 신호 강도에 기초하여, 1-비트 참-거짓 값 반영 비임 존재를 반환하도록 조절될 수 있다. 비방향성/전방향성 수신기(322)가 다음의 방향성 비임(314), 즉 진출 비임을 감지하면 (534) (이러한 검출은 따라가는 비컨(304)의 예상 비임으로 그리고/또는 로봇(304)의 위치 상태에 따라 제한됨), 거동은 종료할 준비가 된다. 선택적으로, 거동(294d)은 아울러 방향성 수신기(318)가 진출 비임(314)을 감지하지 않을 때까지 점검하고 진행하며, (이는 전방향성 검출기(322)가 근방의 백색 도어 또는 벽 코너와 같은, 고도로 반사성인 표면으로부터의 반사에 의해 진출 비임(314)을 너무 일찍 검출하는 경우를 배제하는 데 기여한다). 순차적 반응형 거동의 시퀀스를 계속하기 위한 상태, 즉 진출 요청이 설정되어야 한다. 거동(294c)이 이러한 상태 자체를 설정하거나 (558), 플래너(253)가 이를 제어할 수 있다.
- [0154] 도31E에 도시된 바와 같이, 필드 따라가기 거동(294d) 중에, 로봇(302)은 전방향성 수신기(322)에 의해 근접 비임(310)의 모서리(312)를 따라가면서 비컨(304) 둘레에서 최종 원호로 움직인다. 로봇(302)은 로봇의 방출 센서(318, 322) 상에서 제한 필드 방출(310)의 수신된 신호 강도를 감시함으로써 제한 필드(310)의 모서리(312)를 따라간다. 원호 움직임의 일례는 로봇(302)이 전방향성 수신기(322)로 근접 비임(310)의 방출 필드로 진입하고 빠져나오는 것을 검출한 경우에, 근접 비임(310)의 모서리(312)를 따른 전후로의 로봇(302) "지그재그 이동"(예를 들어, 1-비트 참-거짓 검출을 사용한 "뱅-뱅" 서보 제어 또는 따라가기와, 예를 들어 초기에 원호형이며 예를 들어 안으로 감기는 안정적으로 감소하는 회전 반경으로의 전방 이동)을 수반한다. 다른 예에서, 로봇(302)은 제한 필드(310)의 타임 인(time in) 또는 제한 필드(310)의 타임 아웃에 기초한 PID 제어 시스템을 사용함으로써 제한 필드의 모서리(312)를 따라간다. PID 제어 시스템은 로봇(302)의 원호를 제어한다. 로봇(302)은 양쪽 주행 휠(132, 134)이 전방 방향으로 주행되도록, 양쪽 주행 휠(132, 134)에 대해 감소된 속도(예를 들어, 커버리지 속도의 50% 미만)로 움직임을 실행한다. 이는 전이부 및 문턱의 더 쉬운 횡단을 용이하게 한다. 로봇(302)은 보통 관문 비임(316)에 의해 커버되는 영역을 통과한다. 로봇(302)은 도31E에 도시된 바와 같이, 전방향성 수신기(322)가 로봇(302)이 제2 방향성 비임(314)에 진입한 것을 검출하고, 방향성 수신기(318)가 더 이상 제2 방향성 비임(314)을 검출하지 않을 때까지, 근접 비임(310)의 모서리(312)를 계속 따라간다. 기술된 바와 같이, 2가지 기준을 만족시키는 것은 로봇(302)이 백색 도어와 같은 인접한 물체에서 반사되는 비임 방출을 검출하는 것을 방지하는 것을 돕는다.
- [0155] 도29는 진출 거동(294e)을 도시한다. 도시된 바와 같이, 중재기(252)는 진출 요청이 활성이 될 때까지 (최고 우선권의 후보의) 실행을 허용하지 않을 것이고, 또한 호밍 요청을 요구할 수 있다. 진출 거동(294e)은 진출 비임(314) 내에서의 전방향성 검출기(322)에 의한 최종 위치 및 진출 비임(314)에 대해 실질적으로 횡단하는 행로를 가정하고, (로봇(302)이 좌측으로부터 우측으로 횡단하면, 시계 방향으로 만곡되고, 로봇(202)이 반대 방향으로 횡단하면, 반시계 방향으로 만곡되어, 도크(340)를 향하여) 진출 비임(314)의 대략적인 방향에서 필드(314)/비컨(304)으로부터 멀리 만곡된다. 선택적으로, 로봇(302)은 진출 비임(314)이 전방향성 센서(322) 내에

서 검출되지 않을 때, 진출 비임(314)으로 복귀하도록 서보 제어함으로써 진출 비임(314) 내에서 머무르도록 시도할 수 있다. 소정의 시간(예를 들어, 5초) 또는 거리(예를 들어, 1m) 또는 장애물 마주침 후에, 거동은 종료할 준비가 된다. 이 때, 플래너(253)는 호밍 요청을 종결할 수 있고 (예를 들어, 지형 맵의 위치 상태를 갱신하고, 운행 모드 상태를 유지되고 있다면 제거하거나 복원할 수 있고), 반응형 거동은 이후의 방에서 로봇의 커버리지 작업을 시작하거나, (또는 배터리가 충전되어야 하면, 이는 맵의 위치 상태에 따라 도크의 방향으로의 다른 호밍 요청을 개시할 수 있다). 플래너(253)는 또한 다른 호밍 요청을 즉시 개시할 수 있거나, 로봇(302)이 공간 사이에서 진행하도록, 예를 들어 말단의 또는 이격된 공간으로 또는 그로부터 직접 이동하도록, 맵의 위치 상태에 따라 현재의 호밍 요청의 변수를 복원할 수 있다.

[0156] 즉, 도31F에 도시된 바와 같이, 필드 따라가기 거동(294c)을 완료하면, 로봇(302)은 로봇(302)이 비컨(304)으로부터 멀리 이동하게 하는, 도30에 도시된 바와 같은, 비컨 떠나기 거동(294e)을 실행할 수 있다. 대안적으로, 이는 피벗 및 진출로서 수행될 있고, 그리고/또는 진출 비임(314) 및 전방향성 수신기(322)에 의해 안내될 수 있다. 예를 들어, 도31G는 로봇(302)이 방향성 비임(314)의 모서리를 지날 때 제2 영역을 향하도록 운행 비컨(304)으로부터 멀리 회전하는 로봇(302)을 도시한다. 로봇(302)이 전방향성 수신기(322)로 제2 방향성 비임 방출(314)을 검출하면, 로봇(302)은 비컨(304)으로부터 멀리 움직인다. 로봇(302)이 전방향성 수신기(322)로 제2 방향성 비임 방출(314)을 검출하지 않으면, 로봇(302)은 관문 내로 다시 선회하는 것을 회피하기 위해 회전하지 않고서 도31H에 도시된 바와 같이 전방 방향으로 이동한다. 비컨 떠나기 거동(294e)의 다른 예는 주행 기록 (또는 예를 들어 플래너(253)가 맵에 따른 다음 비컨의 비임 또는 필드와의 비임 정렬 시에 거동의 시퀀스를 재시작하는 말단의 또는 이격된 공간 횡단 시퀀스를 포함할 때, 시퀀스 내의 다음 비컨)을 사용하고, 현재 비컨(304)으로부터 방출되는 임의의 비임으로부터의 안내가 없이 그러한 방향으로 이동하여 특정 방향으로 정렬되는 로봇(302)을 포함한다. 도31G는 로봇이 이주를 마무리할 때 운행 비컨(304)으로부터 멀리 이동하는 로봇(302)을 도시한다.

[0157] 이주 중에, 로봇(302)은 베이스 스테이션(340)으로부터 멀어지는 동안에 마주치는 각각의 운행 비컨(304)에서, 각각 제1 및 제2 방향성 비임(306, 314)의 비임 엔코딩을 메모리 내에 저장한다. 베이스 스테이션(340)으로 복귀하기 위해, 로봇(302)은 호밍 요청이 켜져 있는 동안 커버리지 거동을 수행하여, 각각 적절한 방향성 비임(306, 314) 및 대응하는 엔코딩을 발견하여, 다시 베이스 스테이션(340)을 향해 마주친 비임의 시퀀스를 따라간다. 일례에서, 로봇(302)은 (로봇을 비임 경로 내에 위치시키기 위해 무작위적인 반복 및/또는 장애물 따라가기틀 사용하여 공간을 횡단하면서) 각각의 비임을 발견하고, 다시 베이스 스테이션(340)을 향해 비임을 따라가기 위해, 한 번에 하나씩 각각의 앞서 마주친 비임(306, 314, 316)을 독립적으로 활성화하기 위해 운행 비컨(304)과 무선(예를 들어, 무선 주파수) 통신할 수 있다.

[0158] (도시되지 않은) 다른 예에서, 운행 비컨은 적어도 하나, 둘, 또는 세 개의 비임 신호: (본원에서 "황색"으로 불리지만, 실제로는 IR 대역 내의 제1 주파수의 제1 변조를 갖는) 울타리/게이트 비임, ("적색"으로 불리지만, 실제로는 IR 대역 내에서 "황색" 비임과 다른 변조 또는 다른 주파수 중 하나 또는 모두를 갖는) 우측 운행 비임, 및 ("녹색"으로 불리지만, 실제로는 IR 대역 내에서 "황색" 및 "적색" 비임과 다른 변조 또는 다른 주파수 중 하나 또는 모두를 갖는) 좌측 운행 비임을 방출할 수 있다.

[0159] 복수의 운행 비컨이 제공되면, 각각은 그의 비임들의 상이한 변조를 갖지만, 울타리/게이트 비임, 우측 비임, 또는 좌측 비임의 방출기는 양호하게는 운행 비컨들 사에서 일치할 것이다.

[0160] 울타리, 게이트, 또는 행적 표지자로서의 할당과 관계없이, 일례로서, 운행 비컨은 또한 그의 베이스 둘레의 원형 영역 내에서 기하학적으로 결정된 제한 필드("청색", 다시 실제로는 IR 대역 내의 상이한 변조 또는 주파수 중 하나 또는 모두이지만, 제한 필드는 가시광 또는 IR 광 이외의 무선 주파수(RF)일 수도 있음)를 방출할 수 있다. 이는 비컨의 존재를 로봇에게 알릴 수 있고, 예를 들어 로봇이 (게이트를 통해 또는 행적 표지자를 지나) 운행 비컨 둘레의 경로를 따라가도록 허용한다.

[0161] IR에 기초한 비컨 시스템은 예를 들어 IR을 거쳐 잘 형성된 제한 필드를 제공하기 위해, 그 자체의 둘레의 작은 영역만을 조명하는 것을 켜운 스탠드와 같은 비제한적인 예에 대한 특정한 관계에서와 유사하게, 기하학적 해결책을 사용하도록 설계될 수 있다.

[0162] 울타리 운행 비컨은 예를 들어, 황색 비임을 운행 비컨의 전방으로 직접 (0°), 그리고 단일 운행 비임(적색 또는 녹색)을 황색 비임의 우측 또는 좌측에 대해 약 60° 각도로 방출할 수 있다. 게이트 운행 비컨은 다른 비제한적인 예로서 황색 비임을 전방으로, 적색 비임을 -60° 로, 녹색 비임을 약 $+60^{\circ}$ 로 방출할 수 있고, 또한 예를 들어 행적 표지자 운행 비컨은 적색 비임을 약 -60° 로 그리고 녹색 비임을 약 $+60^{\circ}$ 로 방출할 수 있다.

- [0163] 몇몇 비제한적인 예의 운행 비컨 "비임"은 좁게 포커싱되지 않아서 (특수 렌즈를 요구하지 않을 수 있고), 상호 간섭이 없이 실질적일 수 있는 만큼 큰 공간을 조명하도록 확장될 수 있다. 대안으로서, 예를 들어, 다른 광학 장치를 요구하지 않는 표준 가정용 기본 LED가 사용될 수도 있다.
- [0164] 도24A - 도24B 및 도32A - 도32E를 참조하면, (최고로부터 최저까지의) 도킹 거동 우선권은 도킹 제시도 도킹 용기부 따라가기(264c), 도킹 반발(264d), 도킹 신속 회전(296c), 도킹 원거리 호밍(296b), 도킹 로브 따라가기(296a), 및 도킹 필드 따라가기(296d)를 포함한다. 로봇(302)은 대체로 적절하게 도킹하기 위해 4° 미만의 경사로 전방 방향으로부터 도크(340)에 접근해야 한다.
- [0165] 기본 도킹 거동인 도킹 로브 따라가기(296a)는 도32A에 도시된 바와 같이, 다른 도킹 거동이 더 높은 우선권을 갖지 않을 때 실행된다. 로봇(302)이 좌측 (적색) 비임(350)만을 검출하면, 로봇은 시계 방향으로 적색 비임(350)의 모서리를 따라간다. 로봇(302)이 각각 우측 (녹색) 비임(360) 또는 적색 및 녹색 비임(350, 360)들의 중첩 영역을 검출하면, 로봇은 반시계 방향으로 녹색 비임(360)의 모서리를 따라간다. 이는 로봇(302)이 0° 로 도크(340)의 전방으로 주위를 돌아서 가장 가까운 도킹 비임(350 또는 360)의 외부를 따라간 다음 도킹 접촉부 상으로 바로 수직 (0°) 모서리(362)를 따라가는 것으로 보이게 한다. 로봇(302)이 이러한 거동 중에 제한 필드(370)를 검출하면, 로봇은 더욱 정확하게 따라가기 위해 느려진다.
- [0166] 로봇(302)은 30초의 창에 걸쳐 전방향성 수신기(322)에 의해 검출된 신호의 궤적을 기록한다. 로봇(302)이 (수직 (0°) 모서리(362)를 횡단하는) 라인 횡단 이벤트의 주파수 및 분산이 약 1 Hz를 초과하고 약 2.5초의 분산 미만이라는 것을 검출하면, 로봇은 로봇(302)이 수직 (0°) 모서리(362)를 따라가고 있다고 결정하고, 로브 따라가기 거동(296a) 하에서 (필연적인 좌우 진동으로) 모서리(362)를 계속 따라가는 대신에, 매끄러운 호밍 거동을 실행함으로써 단순히 직선 주행할 것이다.
- [0167] 도32B를 참조하면, 신속 회전 거동(296c)은 직선 주행, 소용돌이식 돌기, 용기부 따라가기, 또는 벽 따라가기가 제한 필드(370) 내에 있지 않을 때 로봇(302)이 도킹 비임(350 또는 360)과 마주치고, 로봇이 최근 수초 내에 그의 방향성 수신기(318)로 도크(340)를 검출하지 않았을 때, 활성화된다. 로봇(302)이 적색 비임(350)을 검출하면, 로봇은 도크(340)를 향해 시계 방향으로 선회한다. 로봇(302)이 녹색 비임(360) 또는 적색 및 녹색 비임(350, 360)들의 중첩 영역을 검출하면, 로봇은 도크(340)를 향해 반시계 방향으로 선회한다. 로봇(302)이 다른 비임(350 또는 360)을 검출하거나, 그의 방향성 수신기(318)로 도크(340)를 검출하거나, 360° 보다 더 크게 선회했을 때, 이러한 거동(296c)은 중지된다. 전형적으로, 그 다음 로브 따라가기 거동(296a)이 이에 뒤따른다.
- [0168] 도32C를 참조하면, 원거리 호밍 거동(296b)은 로봇(302)이 최근 수초 내에 그의 전방향성 수신기(322)로 제한 필드(370)를 검출하지 않았고, 방향성 수신기(318)로 도크(340)를 검출할 때, 활성화된다. 로봇(340)이 각각 적색 또는 녹색 비임(350 또는 360)을 검출하면, 로봇은 이들을 향해 주행할 것이다. 로봇(340)이 제한 필드(370)만을 검출하면, 로봇은 제한 필드(370)를 향해 주행할 것이다. 이는 로봇(302)이 임의의 각도로 원거리로부터 도크(340)에 접근하도록 허용한다. 로봇(302)이 그의 전방향성 수신기(322)로 제한 필드(370)를 검출하면, 이러한 거동(296b)은 중지된다. 전방 접근 중에, 전형적으로 로브 따라가기 거동(296a)이 이에 뒤따른다. 측면 접근 중에, 전형적으로 필드 따라가기 거동(296d)이 이에 뒤따른다.
- [0169] 도32D를 참조하면, 필드 따라가기 거동(296b)은 로봇(302)이 그의 전방향성 수신기(322)로 제한 필드(370)를 검출하고, 가장 최근에 그의 전방향성 수신기(322)로 각각 적색 또는 녹색 비임(350 또는 360)을 검출하지 않았고, 그의 방향성 수신기(318)로 각각 적색 또는 녹색 비임(350 또는 360)을 확인하지 않을 때, 활성화한다. 로봇(302)은 그가 각각 적색 또는 녹색 비임(350 또는 360), 용기부, 베틀을 검출하거나 1 미터 이상 주행할 때까지, 무작위적인 방향(시계 또는 반시계)으로 그의 전방향성 수신기(322)에 의해 제한 필드(370)의 모서리(372)를 따라간다. 로봇(302)이 각각 적색 또는 녹색 비임(350 또는 360)을 검출하면, 로봇은 도크(340)로부터 수직 (0°) 모서리(362)를 따라 멀리 직선으로 이동하기 위해 약 1 미터의 거리로 또는 용기부가 검출될 때까지 역전 로브 따라가기(296a)에 착수한다. 그 다음 로봇(302)은 180° 로 또는 그가 도크(340)를 향해 때까지 회전한다. 그 다음 거동(296b)이 중지된다. 전형적으로, 로브 따라가기 거동(296a)은 도킹을 마무리한 다음 활성화한다.
- [0170] 도32E를 참조하면, 로봇(302)은 장애물 도킹 거동(296e)을 실행함으로써 완전히는 아니지만 약간의 접근 각도로부터 도크(340)에 대한 도킹 비임(350, 360) 또는 로봇의 물리적 접근을 완전히 또는 부분적으로 차단하는 장애물이 있을 때에도 성공적으로 도킹할 수 있다. 로봇(302)이 도크(340)를 탐색하여, 최근 수초 내에 그의 전방향성 수신기(322) 내에서 도킹 비임(350 또는 360)을 검출한 다음, 또한 용기부를 검출하면, 로봇은 도킹 반발 거동(264c)을 활성화한다. 약 66% 가능성에서, 장애물 도킹 거동(296e)은 용기부 따라가기 거동(264c)을 개시

하고, 약 33% 가능성에서, 로봇(302)을 단순히 후진시키는 도킹 반발 거동(264d)은 측면 충격에 대해 10 내지 170° 사이 또는 정면 충격에 대해 75 내지 255° 사이의 무작위적인 각도로 회전하고, 그 다음 거동(264d)을 중지시킨다. 용기부 따라가기 거동(264c)은 다음의 조건들 중 하나가 발생할 때까지, 로봇의 범퍼로 장애물의 모서리를 따라간다: a) 약 66%의 가능성에서, 로봇(302)이 방향성 수신기(318)로 도크(340)를 검출하고, 전방향성 수신기(322)로 도크를 검출하지 않거나, b) 약 66%의 가능성에서, 로봇(302)이 우측으로부터 좌측으로의 수직 (0°) 모서리(362)의 횡단을 검출하고 시계 방향으로 용기부 따라가기(264c)를 하거나, 로봇(302)이 좌측으로부터 우측으로의 수직 (0°) 모서리(362)의 횡단을 검출하고 반시계 방향으로 용기부 따라가기(264c)를 하거나, c) 로봇(302)이 그의 전방향성 수신기(322)로 제한 필드(370)를 검출하거나, d) 용기부 따라가기 거동(264c)의 개시로부터 30초가 지났거나, e) 도킹 비임(350 또는 360)이 약 5초 이상 동안 전방향성 수신기(322)에 의해 검출되지 않는다.

[0171] 용기부 따라가기(264c)의 다른 가능한 구현에는 도크(340)의 투사된 위치의 궤적을 기록하고 용기부 따라가기(264c) 중에 추정된 도크 위치를 향해 우선적으로 회전하는 로봇(302)을 포함한다. 로봇(302)이 도크(340)를 향하며 그의 방향성 수신기(318)에 의해 도크(340)를 검출하면서 수직 (0°) 모서리(362)를 횡단할 때마다, 로봇(302)은 이동 방향을 따라 약 5 피트로 도크(340)의 위치를 투사하기 위해 주행 기록을 사용한다. 로봇(302)은 도크(340)에 투사된 위치에 대한 로봇의 배향을 추정하기 위해 도킹 움직임 전반에 걸쳐 주행 기록을 사용할 수 있다.

[0172] 용기부 따라가기 및 정상 도킹 방법의 짧은 발현들의 조합은 로봇(302)이 벽, 의자, 상자를 포함하지만 그에 제한되지 않는 매우 다양한 장애물과, IR 도킹 비임의 반사에도 불구하고 도킹하도록 허용한다.

[0173] 벵랑 센서 및 벽 따라가기 센서와 같은 근접 센서를 개시하는, 발명의 명칭이 "로봇 장애물 검출 시스템"인 미국 특허 제6,594,844호와, 아이로봇 룸바 커버리지/청소 로봇의 일반적인 구조와 메인 및 모서리 청소 헤드를 상세하게 개시하는, 발명의 명칭이 "자동 바닥 청소 로봇"인 미국 특허 제6,883,201호와, 거동에 기초한 로봇 공학의 원리에 따라 중재기에 의해 선택되는, 탈출 거동을 포함한, 운동 제어 및 커버리지 거동을 개시하는, 발명의 명칭이 "자동 로봇에 대한 다중 모드 커버리지를 위한 방법 및 시스템"인 미국 특허 제6,809,490호와, 벽 시뮬레이팅 방향성 비임을 사용하는 가상벽, 즉 로봇 제한부를 개시하는, 발명의 명칭이 "로봇 국소화 및 제한을 위한 방법 및 시스템"인 미국 특허 제6,781,338호가 각각 본원에서 전체적으로 참조되어 통합되었다.

[0174] 본원에서 설명된 것과 조합될 수 있는 다른 로봇 상세 및 특징은 발명의 명칭이 "커버리지 로봇 이동", "모듈형 로봇", 및 "로봇 시스템"으로, 본원과 동시에 출원된 미국 특허 출원에서 찾아볼 수 있고, 전술한 출원의 전체적인 내용은 본원에서 참조되어 통합되었다.

[0175] 다수의 구현예가 설명되었다. 그럼에도 불구하고, 다양한 변형예가 다음의 청구의 범위의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고서 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 다른 구현예는 다음의 청구의 범위의 범주 내에 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도1A는 자동 커버리지 로봇의 일례를 도시하는 사시도이다.

[0029] 도1B는 자동 커버리지 로봇의 분해도이다.

[0030] 도1C는 자동 커버리지 로봇의 범퍼의 분해도이다.

[0031] 도2는 자동 커버리지 로봇의 범퍼 상의 전방향성 수신기 및 방향성 수신기의 위치를 도시한다.

[0032] 도3은 방향성 수신기의 사시도이다.

[0033] 도4는 방향성 수신기의 정면도이다.

[0034] 도5는 방향성 수신기의 분해도이다.

[0035] 도6 - 도8은 전방향성 수신기의 사시도, 측면도, 및 절결도를 도시한다.

[0036] 도9는 자동 커버리지 로봇의 저면 사시도를 도시한다.

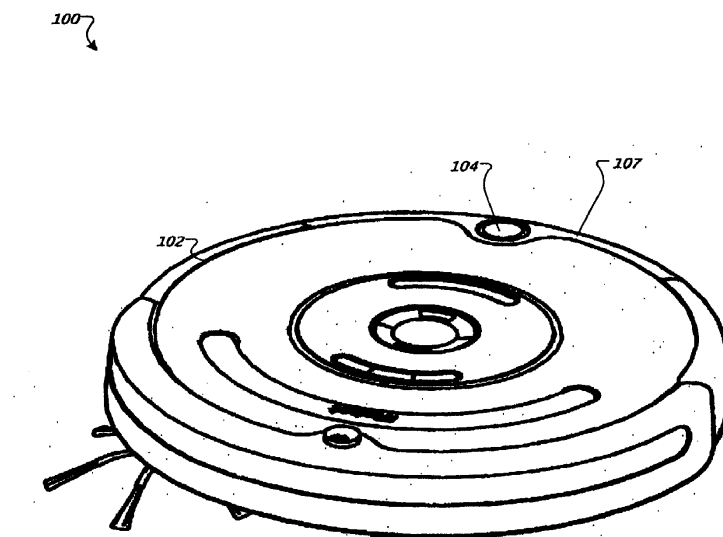
[0037] 도10은 예시적인 운행 비컨의 분해도를 도시한다.

[0038] 도11 및 도12는 예시적인 비컨 방출기 조립체의 사시도 및 정면도를 도시한다.

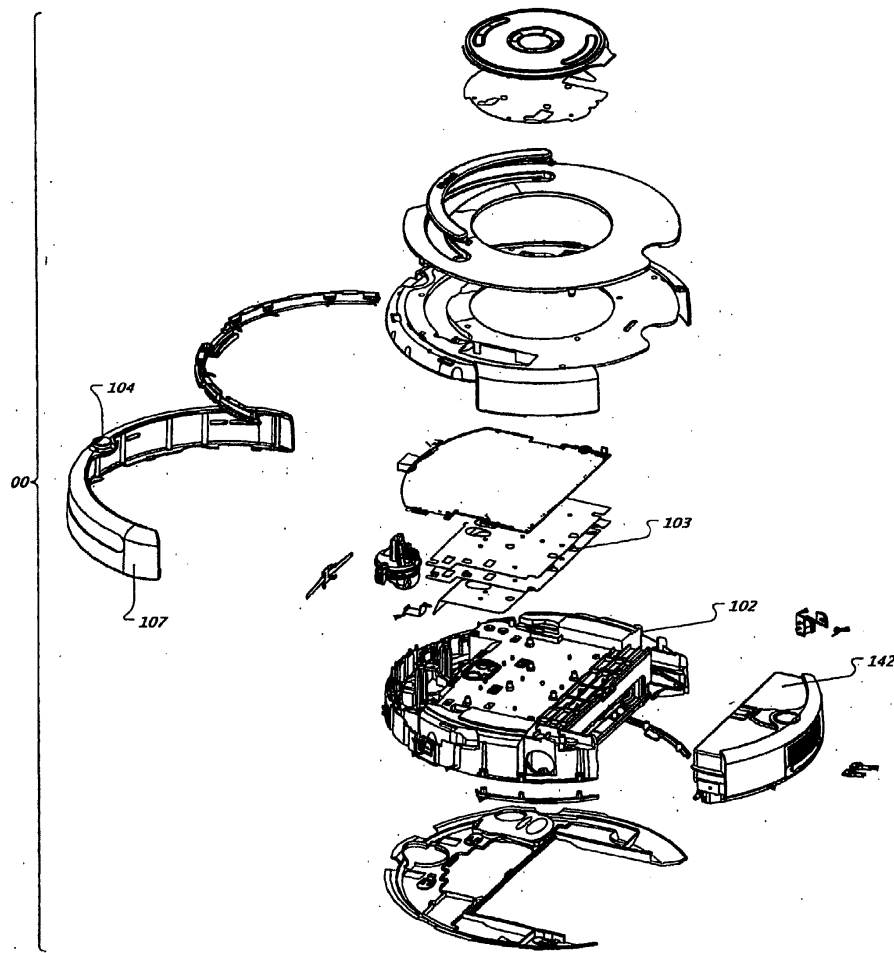
- [0039] 도13은 자동 이동 로봇 운행 시스템에서 사용될 수 있는 단순화된 운행 비컨의 일례를 도시한다.
- [0040] 도14 - 도17은 자동 이동 로봇 시스템 내에 포함될 수 있는 예시적인 베이스 스테이션의 다양한 도면을 도시한다.
- [0041] 도18 - 도21은 베이스 스테이션 내에서 사용되는 예시적인 방출기 조립체의 사시도, 평면도, 후면도, 및 측면도를 도시한다.
- [0042] 도22는 자동 커버리지 로봇의 대표적인 전자 구조의 블록 선도를 도시한다.
- [0043] 도23A는 베이스 스테이션이 추가된 운행 비컨을 사용하여 한정된 영역들 사이에서 자동 커버리지 로봇을 운행시키는 방법을 적용하는 제1 예를 도시하고, 도23B는 로봇이 하나 이상의 비임과 동시에 마주치는 제2 예를 도시한다.
- [0044] 도24A 및 도24B는 자동 커버리지 로봇을 운행시키기 위한 소프트웨어 아키텍처를 도시하는 블록 선도이다.
- [0045] 도25A - 도25C는 운행 비컨을 사용하여 하나의 영역으로부터 다른 영역으로 이동하는 로봇의 개략도를 도시한다.
- [0046] 도26은 로봇의 비임 정렬 거동의 개략도를 도시한다.
- [0047] 도27은 로봇의 방향성 비임 호밍 거동의 개략도를 도시한다.
- [0048] 도28은 로봇의 필드 정렬 거동의 개략도를 도시한다.
- [0049] 도29는 로봇의 필드 따라가기 거동의 개략도를 도시한다.
- [0050] 도30은 로봇의 비컨 떠나기 거동의 개략도를 도시한다.
- [0051] 도31A - 도31H는 운행 비컨을 사용하여 하나의 영역으로부터 다른 영역으로 이동하는 로봇의 개략도를 도시한다.
- [0052] 도32A - 도32E는 베이스 스테이션과 도킹하는 로봇의 개략도를 도시한다.
- [0053] 다양한 도면 내의 유사한 도면 부호는 유사한 요소를 표시한다.

도면

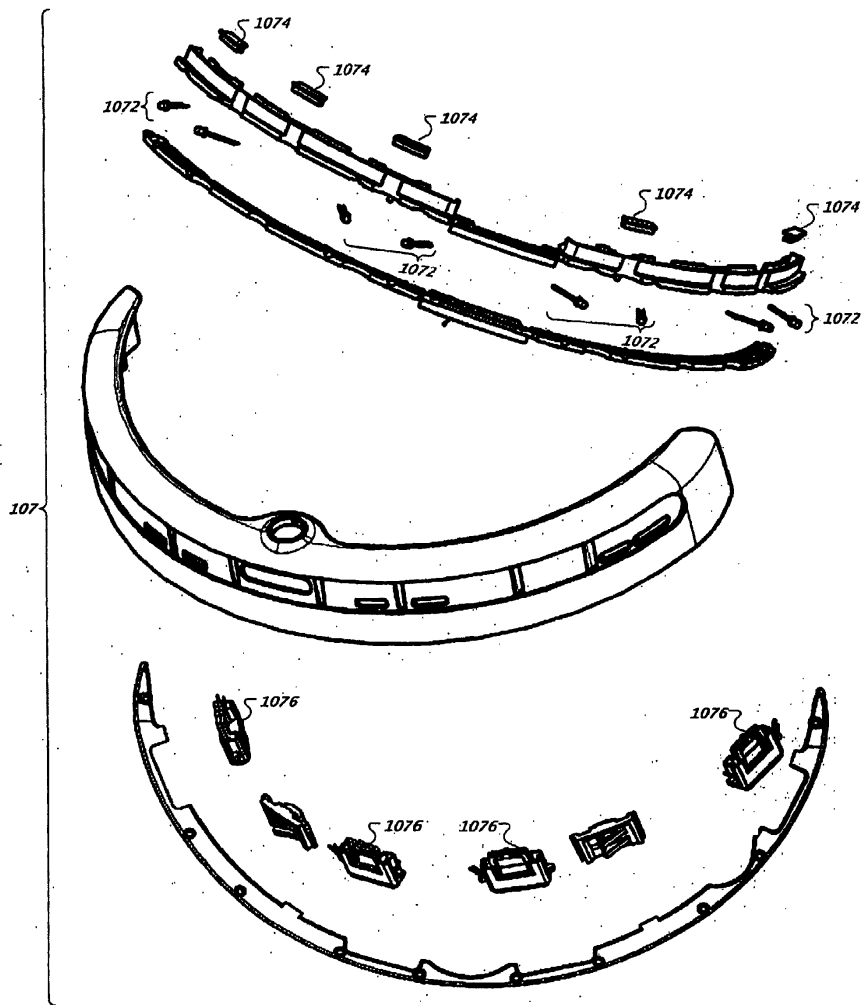
도면1A



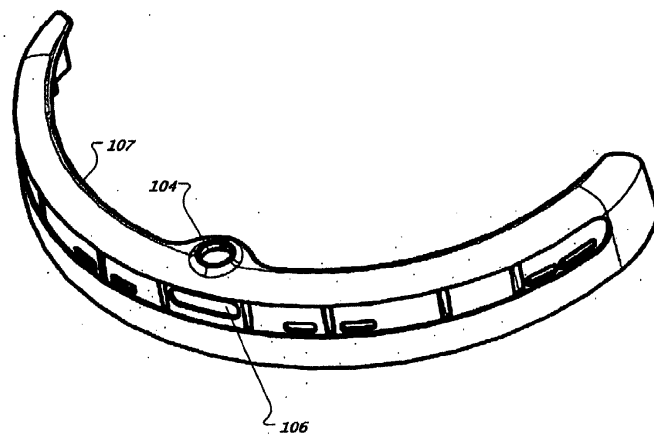
도면1B



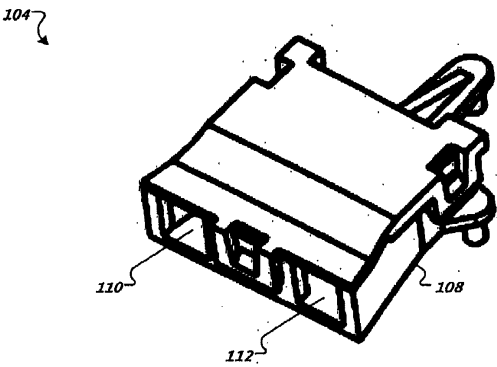
도면1C



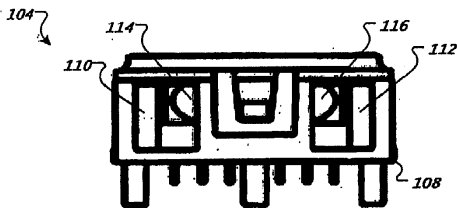
도면2



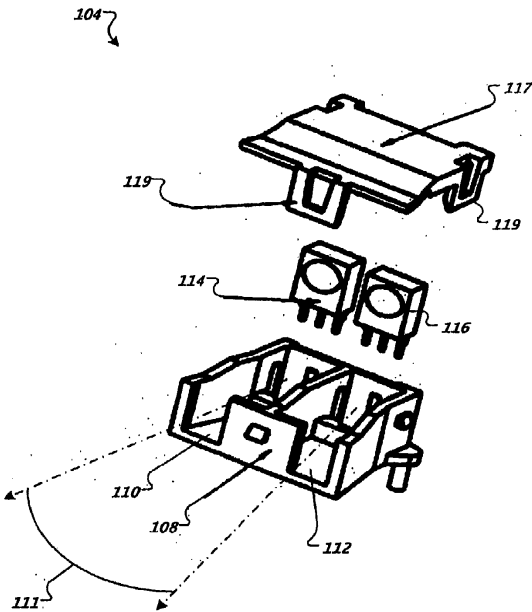
도면3



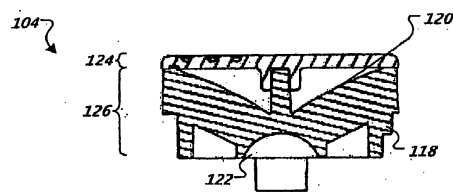
도면4



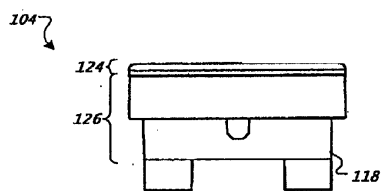
도면5



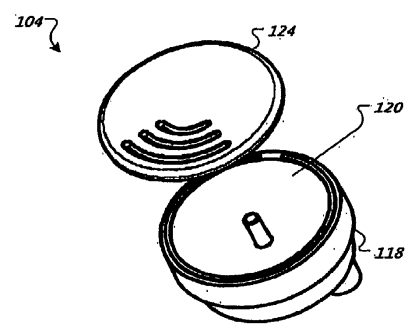
도면6



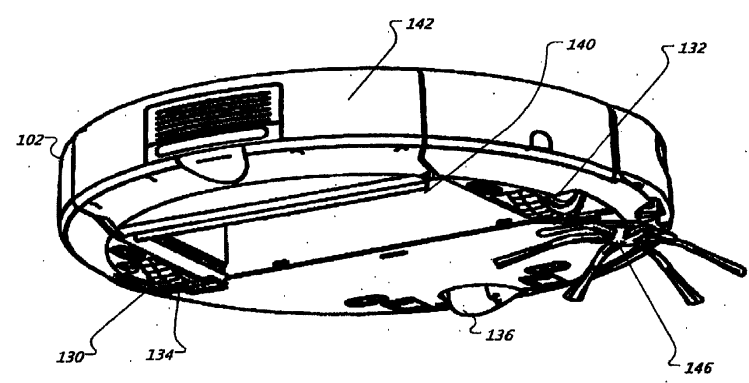
도면7



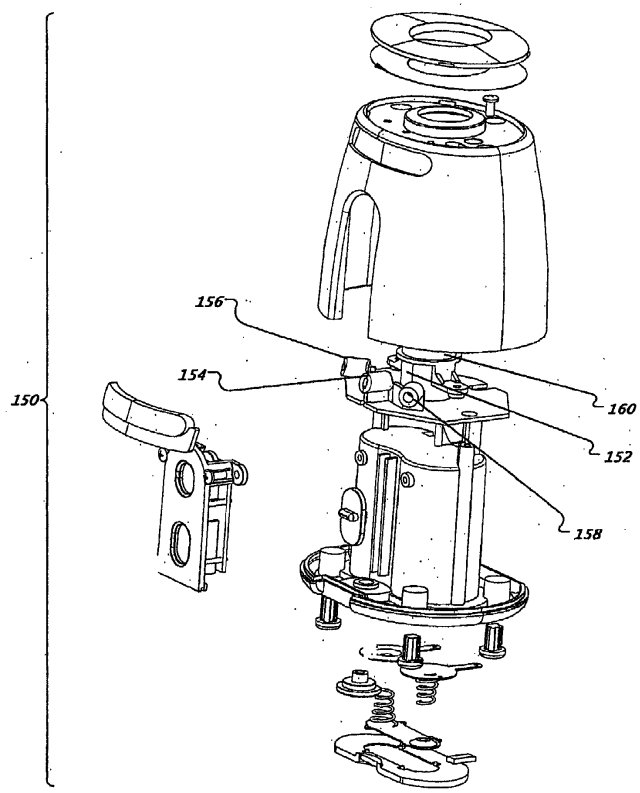
도면8



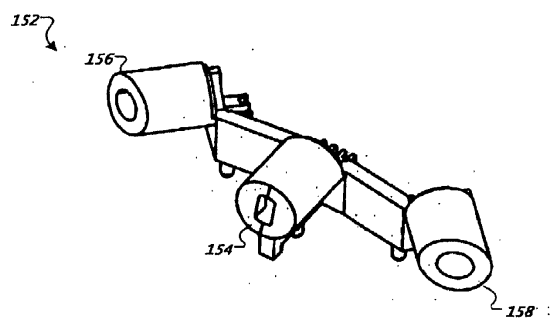
도면9



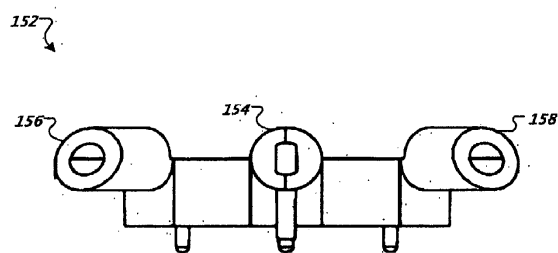
도면10



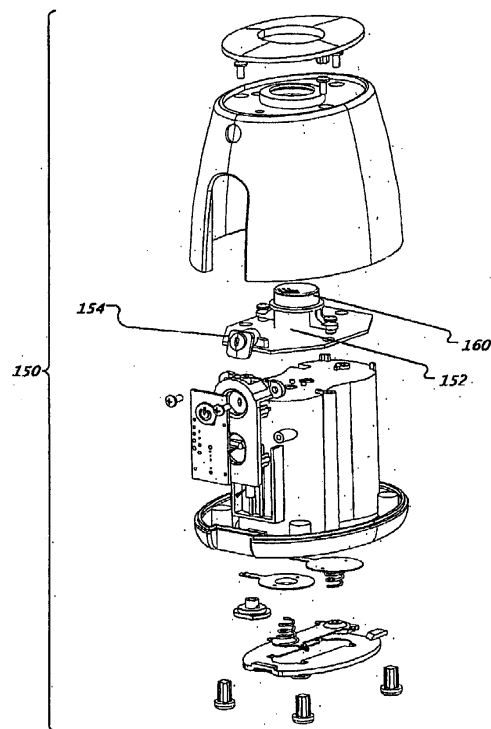
도면11



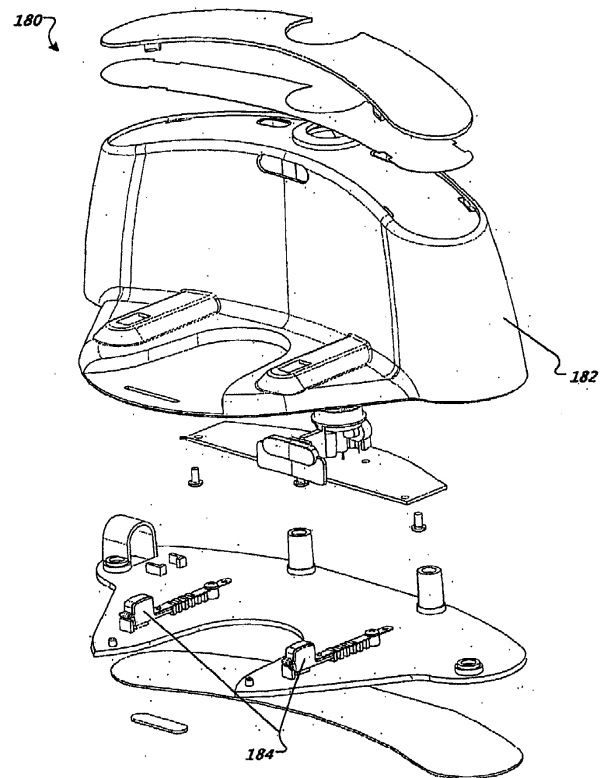
도면12



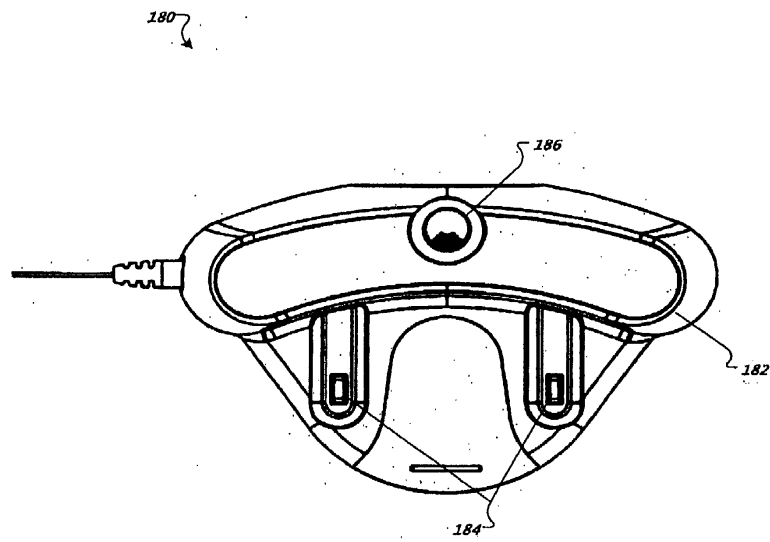
도면13



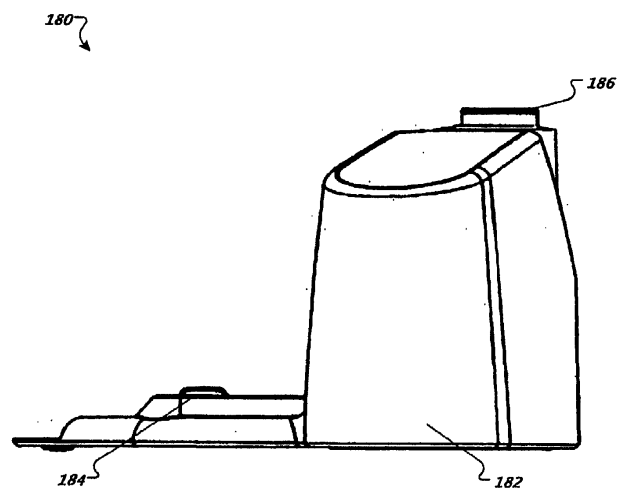
도면14



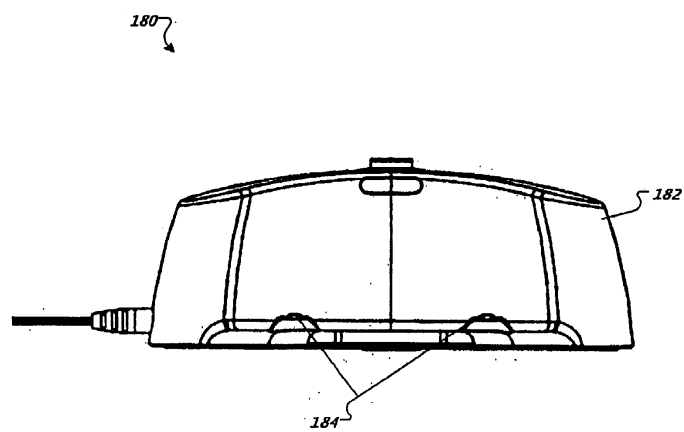
도면15



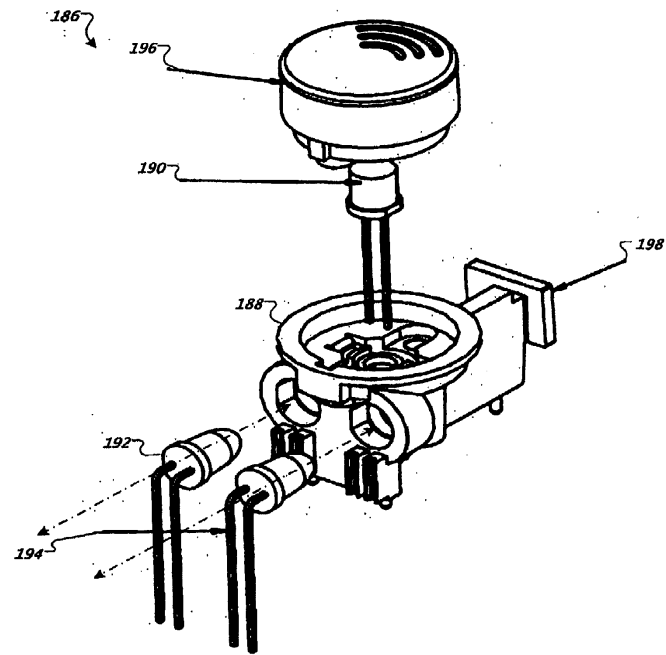
도면16



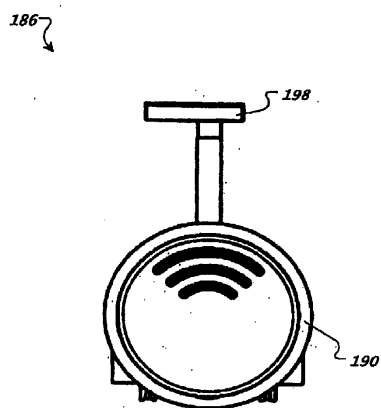
도면17



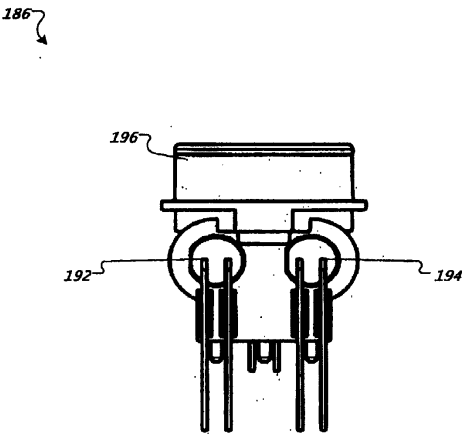
도면18



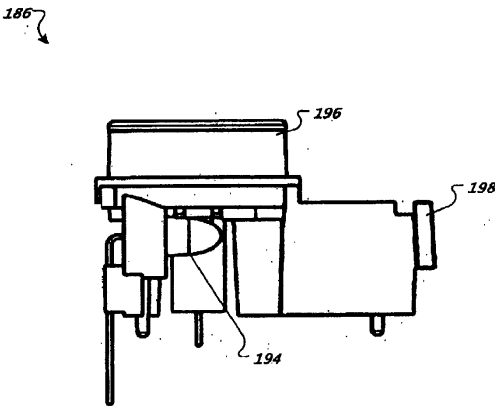
도면19



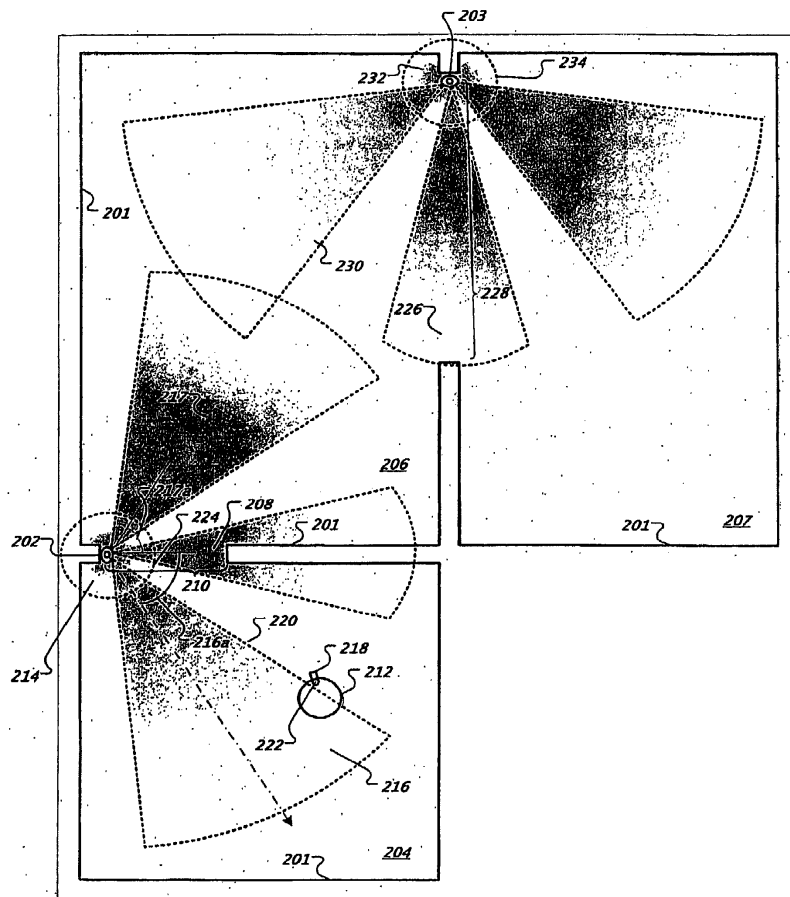
도면20



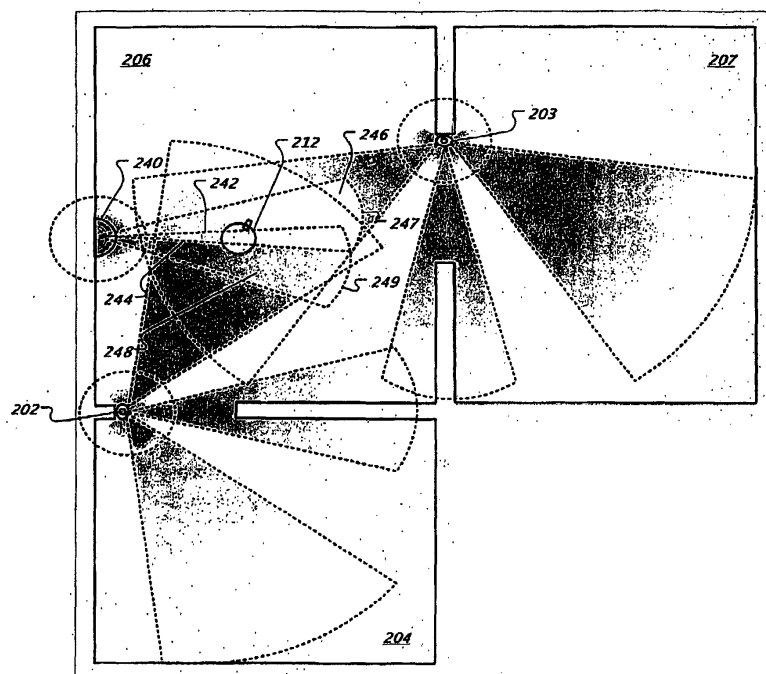
도면21



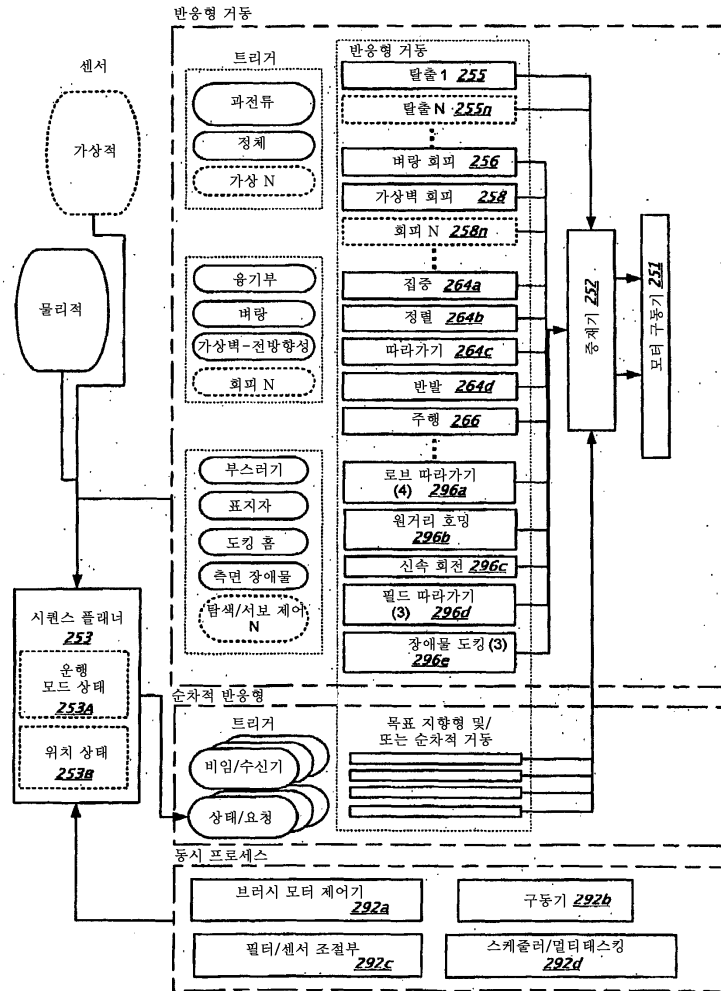
도면23A



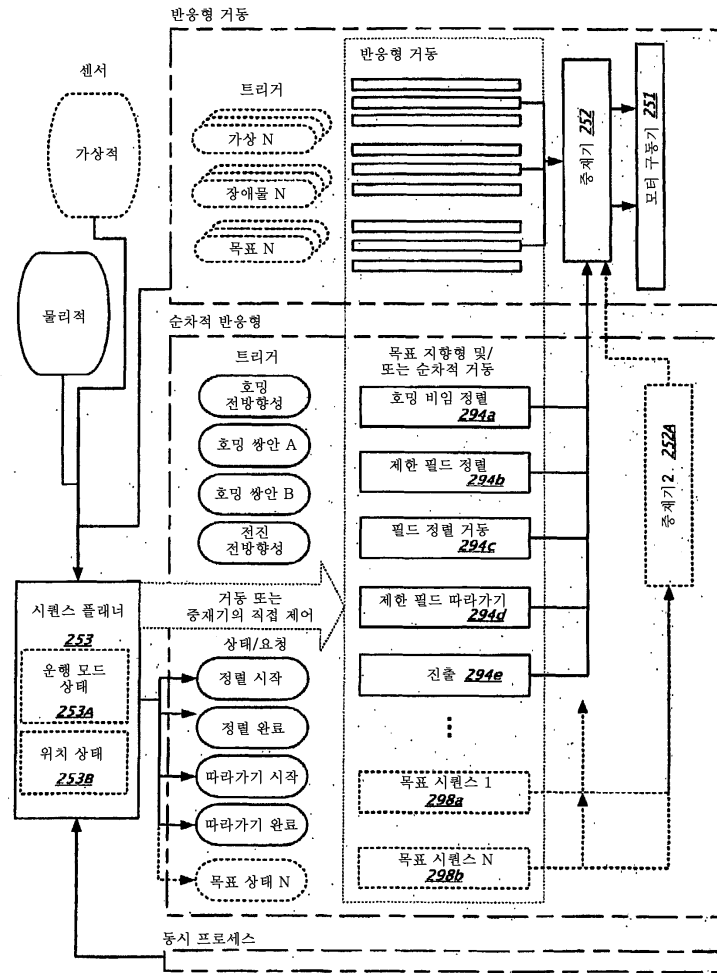
도면23B



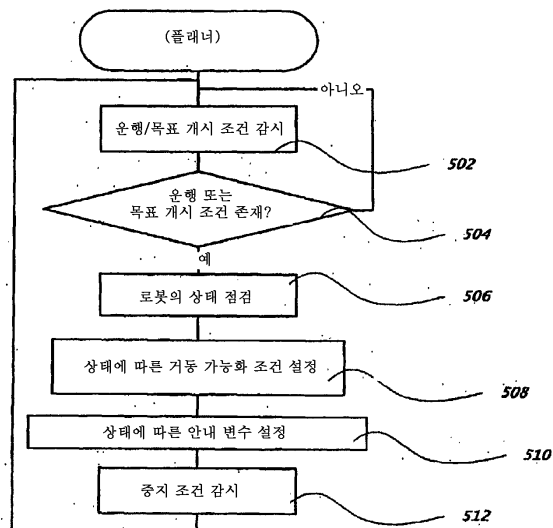
도면24A



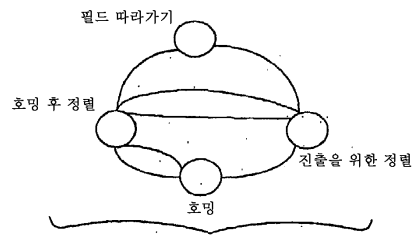
도면24B



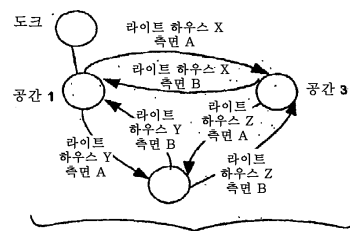
도면25A



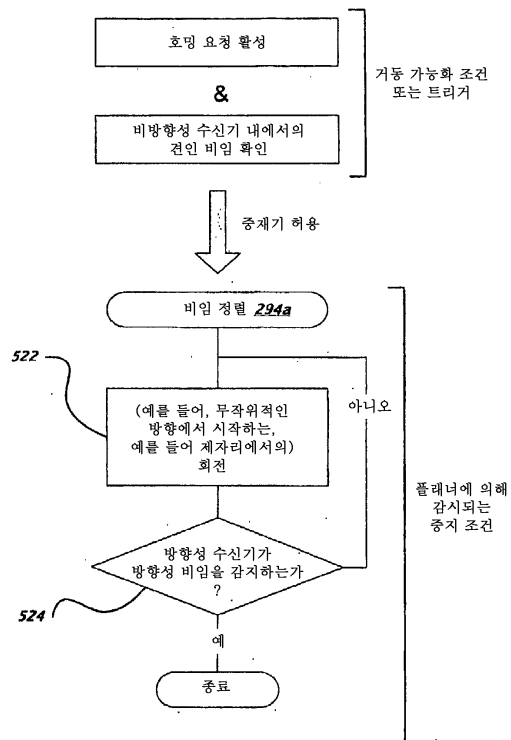
도면25B



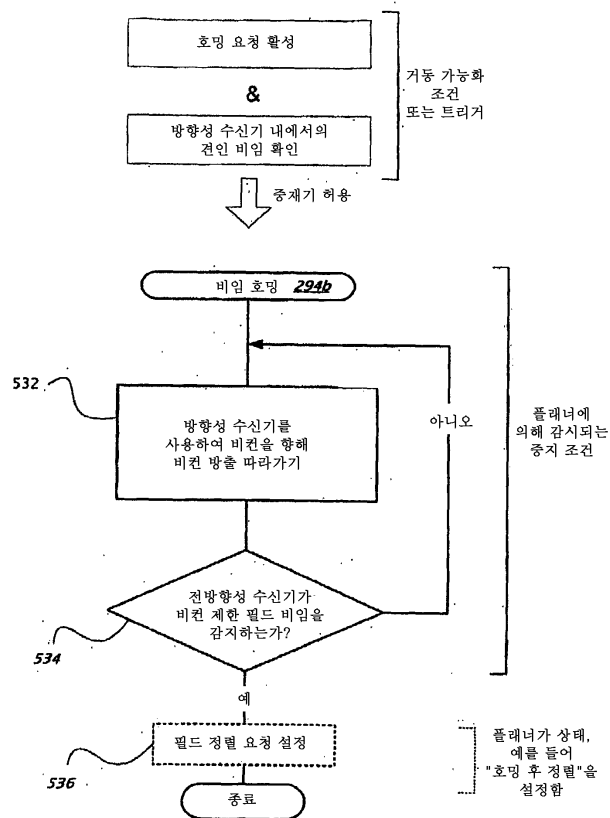
도면25C



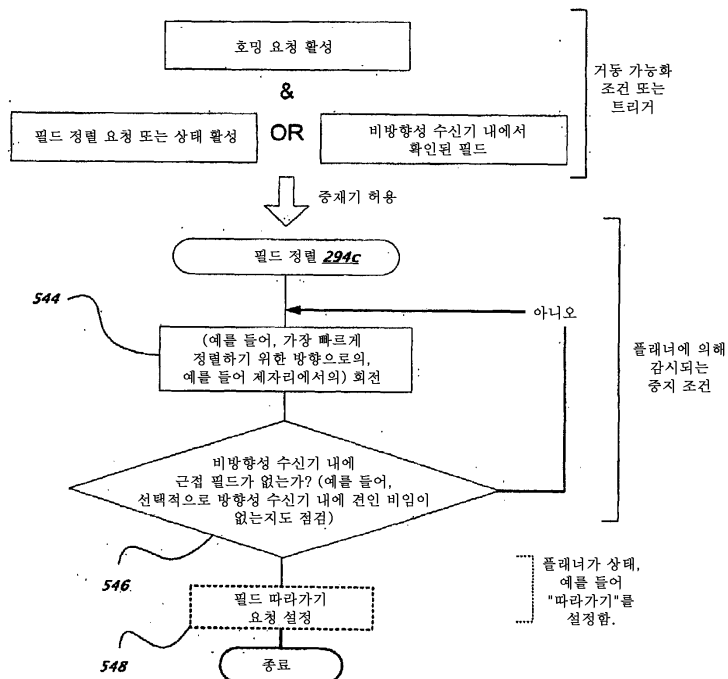
도면26



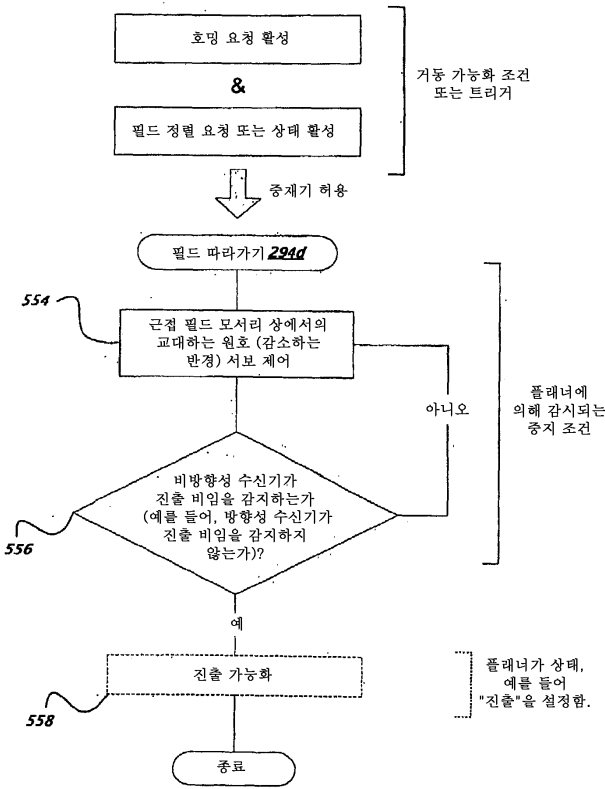
도면27



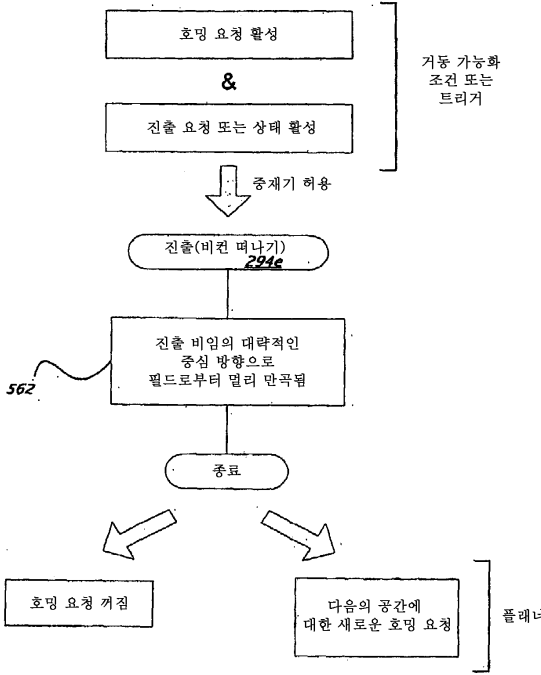
도면28



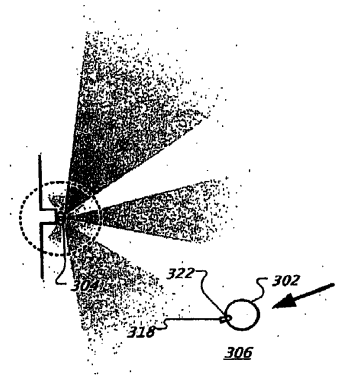
도면29



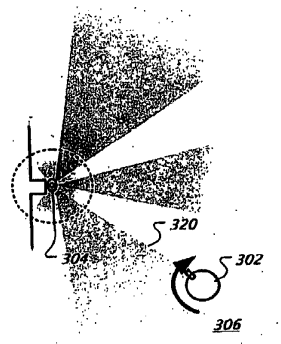
도면30



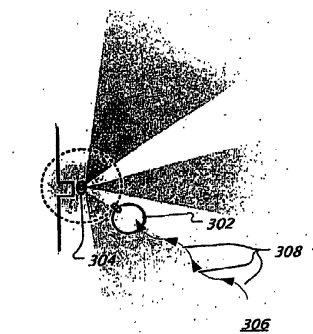
도면31A



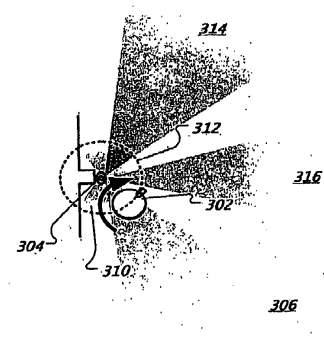
도면31B



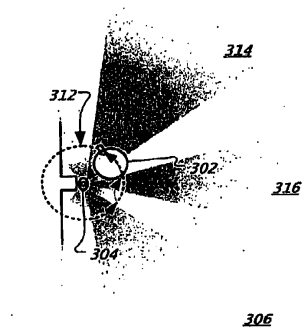
도면31C



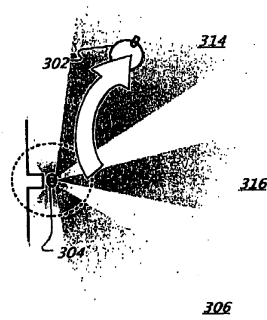
도면31D



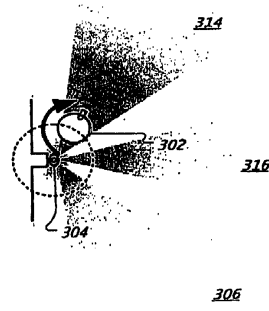
도면31E



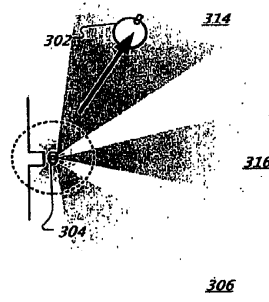
도면31F



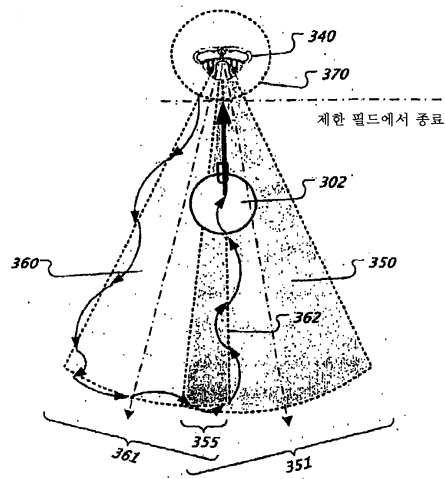
도면31G



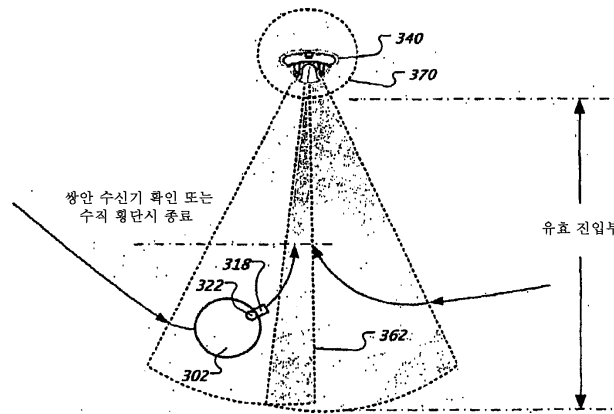
도면31H



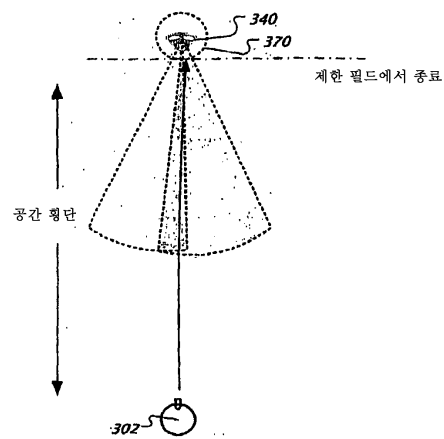
도면32A



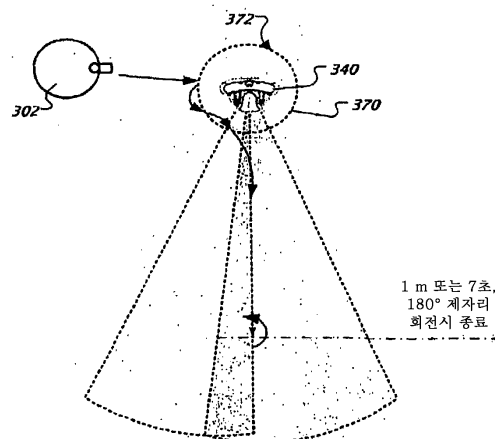
도면32B



도면32C



도면32D



도면32E

