



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년02월14일
(11) 등록번호 10-1014531
(24) 등록일자 2011년02월07일

(51) Int. Cl.

B25J 13/08 (2006.01) G05D 1/02 (2006.01)

B25J 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0134721

(22) 출원일자 2009년12월30일

심사청구일자 2009년12월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR100647321 B1*

KR100790860 B1

JP2003280739 A

JP2008149399 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

정우진

서울 종로구 사직동 9번지 광화문 스페이스본아파트 105-509

김호연

인천 부평구 부개3동 삼부아파트 102동 1202호

유윤규

서울 마포구 신공덕동 삼성래미안아파트 110-202

(74) 대리인

특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 20 항

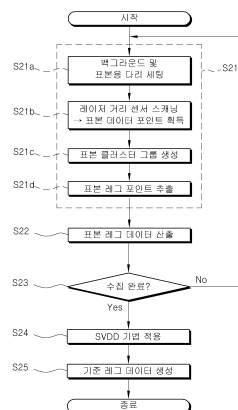
심사관 : 이현동

(54) 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇

(57) 요약

본 발명은 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇에 관한 것이다. 본 발명에 따른 다리 추출 방법은 (a) 거리 센서에 의해 스캔되는 데이터 포인트들로부터 사람의 다리 영역을 추출하기 위한 기준 레그 데이터가 설정되는 단계와; (b) 상기 거리 센서의 스캔에 의해 복수의 데이터 포인트가 획득되는 단계와; (c) 상기 기준 레그 데이터에 기초하여 상기 복수의 데이터 포인트로부터 사람의 다리 형성에 대한 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이에 따라, 레이저 거리 센서와 같은 단일의 거리 센서를 이용하여 사람의 다리를 추출하고, 이를 이동 로봇에 적용하여 이동 로봇이 사람을 추종하여 주행 가능하게 할 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R0906971

부처명 한국산업기술진흥원

연구관리전문기관

연구사업명 융·복합형 로봇 전문인력양성사업

연구과제명 실내외 로봇자율주행 기술개발을 통한 수요지향적 글로벌 리더 양성

기여율

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009년 05월 01일 ~ 2014년 04월 30일

특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 거리 센서에 의해 스캔되는 데이터 포인트들로부터 사람의 다리 영역을 추출하기 위한 기준 레그 데이터가 설정되는 단계와,
- (b) 상기 거리 센서의 스캔에 의해 복수의 데이터 포인트가 획득되는 단계와,
- (c) 상기 기준 레그 데이터에 기초하여 상기 복수의 데이터 포인트로부터 사람의 다리 형상에 대한 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계를 포함하며;

상기 기준 레그 데이터는,

사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트들 간의 거리의 합에 대응하는 기준 포인트 외곽 범위와,

사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트 중 상기 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리에 대응하는 기준 포인트 폭 범위와,

상기 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대한 기준 포인트 두께값 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

- (c1) 인접한 데이터 포인트 간의 거리가 기 설정된 문턱값 이내인 데이터 포인트들로 상기 복수의 데이터 포인트를 그룹화하여 복수의 클러스터 그룹을 생성하는 단계와;
- (c2) 상기 각 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들 간의 거리의 합을 산출하여 상기 기준 포인트 외곽 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와;
- (c3) 상기 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트 중 상기 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리를 산출하여 상기 기준 포인트 폭 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와;
- (c4) 상기 클러스터 그룹의 상기 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리를 산출하여 상기 기준 포인트 두께 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와;
- (c5) 상기 (c2) 단계, 상기 (c3) 단계 및 상기 (c4) 단계 중 적어도 어느 하나의 판단 결과에 기초하여 상기 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

- (c6) 상기 (c1) 단계의 실행 전에 수행되며, 상기 복수의 데이터 포인트 중 상대적으로 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 (c6) 단계에서 상기 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들은 인크리멘탈 기법(Incremental method)이 적용되어 제거되는 것을 특징으로 하는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 (a) 단계는,

(a1) 표본용 다리가 상기 거리 센서에 의해 스캔되어 상기 표본용 다리에 대한 복수의 표본 레그 포인트가 추출되는 단계와;

(a2) 상기 복수의 표본 레그 포인트에 기초하여 상기 표본용 다리에 대한 표본 레그 데이터를 산출하는 단계와;

(a3) 다수의 다른 표본용 다리에 대하여 상기 (a1) 단계 및 상기 (a2) 단계가 순차적으로 수행되어 다수의 표본 레그 데이터가 수집되는 단계와;

(a4) 상기 수집된 다수의 표본 레그 데이터에 기초하여 상기 기준 레그 데이터가 생성되어 설정되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

하나의 상기 표본 레그 데이터는,

상호 인접한 상기 표본 레그 포인트들 간의 거리의 합에 대한 포인트 외곽값과,

상기 복수의 표본 레그 포인트 중 상기 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 표본 레그 포인트 간의 거리에 대한 포인트 폭값과,

상기 최외곽 표본 레그 포인트가 형성하는 직선과 나머지 표본 레그 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대한 포인트 두께값 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 (a4) 단계는,

(a41) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 폭값을 SVDD 기법의 트레인 입력으로 입력하는 단계와,

(a42) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 폭값 각각에 대한 마할라노비스 거리를 상기 SVDD 기법의 트레인 출력으로 생성하는 단계와,

(a43) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 두께값을 상기 SVDD 기법의 트레인 입력으로 입력하는 단계와,

(a44) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 두께값에 각각에 대한 상기 마할라노비스 거리를 상기 SVDD 기법의 트레인 출력으로 생성하는 단계와,

(a45) 상기 (a42) 단계 및 상기 (a44) 단계에서 생성된 상기 트레인 출력에 기초하여 상기 기준 포인트 외곽 범위, 상기 기준 포인트 폭 범위 및 상기 기준 포인트 두께 범위를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 (a1) 단계는,

(a11) 상기 표본용 다리가 위치하는 영역이 상기 거리 센서에 의해 스캔되어 복수의 표본 데이터 포인트가 획득되는 단계와;

(a12) 인접한 표본 데이터 포인트 간의 거리가 상기 문턱값 이내인 데이터 포인트들로 상기 복수의 표본 데이터 포인트를 그룹화하여 복수의 표본 클러스터 그룹을 생성하는 단계와;

(a13) 상기 복수의 표본 클러스터 그룹 중 상기 표본용 다리에 해당하는 어느 하나에 속하는 표본 데이터 포인트들을 상기 복수의 표본 레그 포인트로 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나의 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법.

청구항 12

이동 로봇의 사람 추종 주행 방법에 있어서,

(A) 거리 센서의 스캐닝에 의해 스캔 사이클 단위로 복수의 데이터 포인트가 획득되는 단계와;

(B) 상기 스캔 사이클 단위로 상기 복수의 데이터 포인트로부터 제1항, 제4항 내지 제8항, 제10항 및 제11항 중 어느 한 항에 따른 다리 추출 방법에 따라 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계와;

(C) 상기 추출된 복수의 레그 데이터 포인트에 기초하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 판단하는 단계와;

(D) 상기 추종 대상 사람의 다리 영역에 기초하여 상기 이동 로봇의 속도 및 방향 중 적어도 하나가 제어되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 (D) 단계는,

(D1) 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점을 산출하는 단계와;

(D2) 상기 중심점이 상기 거리 센서의 스캔 영역의 중심 위치에 위치하고, 상기 이동 로봇과 상기 중심점 간의 거리가 기 설정된 추종 간격이 유지되도록 상기 이동 로봇의 속도 및 방향 중 적어도 하나가 제어되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 (C) 단계는,

(C1) 단위 이동 범위를 설정하는 단계와;

(C2) 현재 스캔 사이클 상에서 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트로부터 쌍을 이루는 한 쌍의 다리 영역으로 구성되는 보행 다리 영역을 추출하는 단계와;

(C3) 현재 스캔 사이클 상에서 상기 보행 다리 영역이 복수개로 추출되는 경우, 상기 복수의 보행 다리 영역 중 이전 스캔 사이클 상에서 추종 대상이 된 이전 보행 다리 영역으로부터 상기 단위 이동 범위 내에 속하는 어느 하나를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 단위 이동 범위는,

상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 이동 가능한 거리에 대한 바디 이동 거리 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기

중심점이 회전 가능한 각도에 대한 바디 회전 각도 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심이 이동 가능한 거리에 대한 레그 이동 거리 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 각 다리 영역의 중심이 회전 가능한 각도에 대한 레그 이동 거리 범위 중 적어도 어느 하나를 포함하며;

상기 (C3) 단계에서는

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점 간의 거리가 상기 바디 이동 거리 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 회전한 각도가 상기 바디 회전 각도 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심 간의 거리가 상기 레그 이동 거리 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심이 회전한 각도가 상기 레그 회전 각도 범위에 속하는지 여부 중 적어도 어느 하나에 따라 상기 단위 이동 범위 내에 속하는지 여부가 판단되는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

(E) 복수의 이전 스캔 사이클의 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 움직임에 대한 모션 정보를 추출하는 단계를 더 포함하며;

상기 (C) 단계는,

(C4) 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않는 경우, 상기 모션 정보와 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않은 미 감지 시간에 기초하여, 상기 추종 대상 사람의 다리 영역의 예측 위치를 산출하는 단계와,

(C5) 상기 산출된 예측 위치에서 추출되는 복수의 레그 데이터 포인트를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 모션 정보는 이전의 스캔 사이클 동안 추출된 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 최대 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 구간에 대한 정지 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 시간에 대한 스탠스 시간과, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역의 지면으로부터 이격되어 이동하는 시간에 대한 스윙 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법.

청구항 18

사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇에 있어서,

주행을 위한 추종 주행 구동부와;

지면으로부터 기 설정된 높이에서 스캔 사이클 단위로 스캐닝하는 거리 센서와;

상기 거리 센서의 스캐닝에 의해 상기 각 스캔 사이클 단위로 획득된 복수의 데이터 포인트로부터 제1항, 제4항 내지 제8항, 제10항 및 제11항 중 어느 한 항에 따른 다리 추출 방법에 따라 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 다리 추출부와;

상기 다리 추출부에 의해 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트에 기초하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 판

단하고, 상기 추종 대상 사람의 다리 영역에 기초하여 속도 및 방향 중 적어도 하나가 조절되도록 상기 추종 주행 구동부를 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 메인 제어부는,

상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점을 산출하며;

상기 중심점이 상기 거리 센서의 스캔 영역의 중심 위치에 위치하고, 상기 이동 로봇과 상기 중심점 간의 거리가 기 설정된 추종 간격이 유지되도록 상기 추종 주행 구동부를 제어하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

청구항 20

제18항에 있어서,

현재 스캔 사이클 상에서 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트로부터 쌍을 이루는 한 쌍의 다리 영역으로 구성되는 보행 다리 영역을 추출하고, 현재 스캔 사이클 상에서 상기 보행 다리 영역이 복수개로 추출되는 경우 상기 복수의 보행 다리 영역 중 이전 스캔 사이클 상에서 추종 대상이 된 이전 보행 다리 영역으로부터 기 설정된 단위 이동 범위 내에 속하는 어느 하나를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 추출하여 상기 메인 제어부에 통지하는 추종 다리 판단부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 단위 이동 범위는,

상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 이동 가능한 거리에 대한 바디 이동 거리 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 중심점이 회전 가능한 각도에 대한 바디 회전 각도 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심이 이동 가능한 거리에 대한 레그 이동 거리 범위와,

상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 각 다리 영역의 중심이 회전 가능한 각도에 대한 레그 이동 거리 범위 중 적어도 어느 하나를 포함하며;

상기 추종 다리 판단부는,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점 간의 거리가 상기 바디 이동 거리 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 회전한 각도가 상기 바디 회전 각도 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심 간의 거리가 상기 레그 이동 거리 범위에 속하는지 여부와,

상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심이 회전한 각도가 상기 레그 회전 각도 범위에 속하는지 여부 중 적어도 어느 하나에 따라 상기 단위 이동 범위 내에 속하는지 여부를 판단하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

청구항 22

제19항에 있어서,

복수의 이전 스캔 사이클의 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 움직임에 대한 모션 정보를 추출하는 추종 다리 예측부를 더 포함하며;

상기 추종 다리 예측부는,

상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않는 경우, 상기 모션 정보와 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않은 미 감지 시간에 기초하여, 상기 추종 대상 사람의 다리 영역의 예측 위치를 산출하며,

상기 산출된 예측 위치에서 추출되는 복수의 레그 데이터 포인트를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하여 상기 메인 제어부에 통지하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 모션 정보는 이전의 스캔 사이클 동안 추출된 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 최대 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 구간에 대한 정지 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 시간에 대한 스탠스 시간과, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역의 지면으로부터 이격되어 이동하는 시간에 대한 스윙 시간을 포함하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 레이저 거리 센서와 같은 단일의 거리 센서를 이용하여 사람의 다리의 특징을 추출하고, 이를 이동 로봇에 적용하여 이동 로봇이 사람을 추종하여 주행 가능하게 하는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 로봇 기술은 제조업에서 인력에 의한 수작업을 대체하기 위한 산업용 로봇의 개발과 함께 발전되어 왔으나, 근래에는 산업용 로봇의 범주에서 벗어나, 안내, 서빙, 에스코트, 청소 등 다양한 서비스를 제공하기 위한 로봇에 대한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 이와 같이, 안내, 서빙, 에스코트 등과 같은 서비스를 제공하기 위한 로봇은 주행 가능한 이동 로봇 형태로 마련되며, 기존의 산업용 로봇보다 좀 더 지능적인, 즉 사람과의 상호 작용이 가능한 형태로 제작되어야 한다.

[0004] 여기서, 이동 로봇과 사람과의 상호 작용에 있어서 요구되는 사항 중 하나가 사람 추적 기술(Human tracking technique)의 적용이다. 사람 추적 기술은 이동 로봇이 사람을 인식하고 추종하는 기술을 의미하는데, 이동 로봇이 효과적으로 사람을 추적하여 추종하는 기술을 이동 로봇에 적용하는데는 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다.

[0005] 먼저, 사람 추적 기술이 이동 로봇에 적용 가능하여야 하며, 이동 로봇과 사람 간의 정확한 거리 정보를 얻을 수 있어야 한다. 또한, 가능하다면 사람의 주변 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 즉, 사람 추적 기술이 주변 환경 정보가 없더라도 사람의 추적이 가능하면 보다 효율적이다. 그리고, 이동 로봇이 실시간으로 사람을 추적하여야 하므로, 실시간 추종 제어에 따른 연산량이 적은게 바람직하다.

[0006] 기존의 사람 추적 기술에서는 비전 센서를 이용하여 촬영된 이미지 내에서 사람을 추적하는 방법이 적용되거나, 다양한 정보를 얻기 위한 다수의 센서를 활용하여 복합적으로 사람을 추적하는 기술을 제안하고 있다.

[0007] 특히, 이동 로봇이 사람을 추종하여 주행하는데 있어서는 RFID 태그를 사람이 보유하고, 이동 로봇에 RFID 태그를 인식하는 리더기를 설치하여 사람을 추적하는 방식이 적용되었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0008] 그런데, 다수의 센서를 이용하여 사람을 추적하는 방법은 그 정확성이 확보될 수 있으나, 다수의 센서를 설치하는데 있어 이동 로봇의 제작 비용을 증가시키는 단점이 있고, 다수의 센서를 통해 얻어진 많은 정보를 실시간으로 처리하는데 많은 연산량을 요구하는 단점이 있다.
- [0009] 또한, RFID 태그와 같이 이동 로봇이 인식할 수 있는 특정 장치를 사람이 보유하는 방식은 해당 장치와 이동 로봇을 동기시키는 절차가 요구되어 불특정 다수를 대상으로 하는 서비스를 제공하는 이동 로봇에는 적용하기 곤란한 경우가 있다.
- [0010] 이에 본 발명은 레이저 거리 센서와 같은 거리 센서 하나만을 이용하여 사람의 다리 형상을 추출하여 사람을 추적할 수 있는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 또한, 다수의 사람이 존재하는 환경과 같이 추종 환경에서 발생하는 환경 변화에도 효과적으로 대처할 수 있는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법, 이를 이용한 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법 및 이동 로봇을 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

과제 해결수단

- [0012] 상기 목적은 본 발명에 따라, (a) 거리 센서에 의해 스캔되는 데이터 포인트들로부터 사람의 다리 영역을 추출하기 위한 기준 레그 데이터가 설정되는 단계와; (b) 상기 거리 센서의 스캔에 의해 복수의 데이터 포인트가 획득되는 단계와; (c) 상기 기준 레그 데이터에 기초하여 상기 복수의 데이터 포인트로부터 사람의 다리 형성에 대한 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법에 의해서 달성된다.
- [0013] 여기서, 상기 거리 센서는 지면으로부터 기 설정된 높이에서 사람의 다리 영역을 스캔 가능한 레이저 거리 센서를 포함할 수 있다.
- [0014] 그리고, 상기 기준 레그 데이터는 사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트들 간의 거리의 합에 대응하는 기준 포인트 외곽 범위와; 사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트 중 상기 레이저 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리에 대응하는 기준 포인트 폭 범위와; 상기 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대한 기준 포인트 두께값 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 (c) 단계는 (c1) 인접한 데이터 포인트 간의 거리가 기 설정된 문턱값 이내인 데이터 포인트들로 상기 복수의 데이터 포인트를 그룹화하여 복수의 클러스터 그룹을 생성하는 단계와; (c2) 상기 각 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들 간의 거리의 합을 산출하여 상기 기준 포인트 외곽 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와; (c3) 상기 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트 중 상기 레이저 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리를 산출하여 상기 기준 포인트 폭 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와; (c4) 상기 클러스터 그룹의 상기 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리를 산출하여 상기 기준 포인트 두께 범위에 속하는지 여부를 판단하는 단계와; (c5) 상기 (c2) 단계, 상기 (c3) 단계 및 상기 (c4) 단계 중 적어도 어느 하나의 판단 결과에 기초하여 상기 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 (c) 단계는 (c6) 상기 (c1) 단계의 실행 전에 수행되며, 상기 복수의 데이터 포인트 중 상대적으로 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 그리고, 상기 (c7) 단계에서 상기 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들은 인크리멘탈 기법(Incremental method)이 적용되어 제거될 수 있다.
- [0018] 여기서, 상기 (a) 단계는 (a1) 표본용 다리가 상기 레이저 거리 센서에 의해 스캔되어 상기 표본용 다리에 대한 복수의 표본 레그 포인트가 추출되는 단계와; (a2) 상기 복수의 표본 레그 포인트에 기초하여 상기 표본용 다리에 대한 표본 레그 데이터를 산출하는 단계와; (a3) 다수의 다른 표본용 다리에 대하여 상기 (a1) 단계 및 상기

(a2) 단계가 순차적으로 수행되어 다수의 표본 레그 데이터가 수집되는 단계와; (a4) 상기 수집된 다수의 표본 레그 데이터에 기초하여 상기 기준 레그 데이터가 생성되어 설정되는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 그리고, 하나의 상기 표본 레그 데이터는 상호 인접한 상기 표본 레그 포인트들 간의 거리의 합에 대한 포인트 외곽값과, 상기 복수의 표본 레그 포인트 중 상기 레이저 거리 센서의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 표본 레그 포인트 간의 거리에 대한 포인트 폭값과, 상기 최외곽 표본 레그 포인트가 형성하는 직선과 나머지 표본 레그 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대한 포인트 두께값 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 그리고, 상기 (a4) 단계에서는 상기 수집된 표본 레그 데이터에 SVDD 기법을 적용하여 상기 기준 레그 데이터를 생성할 수 있다.

[0021] 여기서, 상기 (a4) 단계는 (a41) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 폭값을 상기 SVDD 기법의 트레이닝 입력으로 입력하는 단계와, (a42) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 폭값 각각에 대한 마할라노비스 거리를 상기 SVDD 기법의 트레이닝 출력으로 생성하는 단계와, (a43) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 두께값을 상기 SVDD 기법의 트레이닝 입력으로 입력하는 단계와, (a44) 상기 포인트 외곽값과 상기 포인트 두께값에 각각에 대한 상기 마할라노비스 거리를 상기 SVDD 기법의 트레이닝 출력으로 생성하는 단계와, (a45) 상기 (a42) 단계 및 상기 (a44) 단계에서 생성된 상기 트레이닝 출력에 기초하여 상기 기준 포인트 외곽 범위, 상기 기준 포인트 폭 범위 및 상기 기준 포인트 두께 범위를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 (a1) 단계는 (a11) 상기 표본용 다리가 위치하는 영역이 상기 레이저 거리 센서에 의해 스캔되어 복수의 표본 데이터 포인트가 획득되는 단계와; (a12) 인접한 표본 데이터 포인트 간의 거리가 상기 문턱값 이내인 데이터 포인트들로 상기 복수의 표본 데이터 포인트를 그룹화하여 복수의 표본 클러스터 그룹을 생성하는 단계와; (a13) 상기 복수의 표본 클러스터 그룹 중 상기 표본용 다리에 해당하는 어느 하나에 속하는 표본 데이터 포인트들을 상기 복수의 표본 레그 포인트로 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 한편, 상기 목적은 본 발명의 따른 실시 형태에 따라, (A) 거리 센서의 스캐닝에 의해 스캔 사이클 단위로 복수의 데이터 포인트가 획득되는 단계와; (B) 상기 스캔 사이클 단위로 상기 복수의 데이터 포인트로부터 상술한 다리 추출 방법에 따라 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 단계와; (C) 상기 추출된 복수의 레그 데이터 포인트에 기초하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 판단하는 단계와; (D) 상기 추종 대상 사람의 다리 영역에 기초하여 상기 이동 로봇의 속도 및 방향 중 적어도 하나가 제어되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 로봇의 사람 추종 주행 방법에 의해서도 달성될 수 있다.

[0024] 여기서, 상기 (D) 단계는 (D1) 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점을 산출하는 단계와; (D2) 상기 중심점이 상기 레이저 거리 센서의 스캔 영역의 중심 위치에 위치하고, 상기 이동 로봇과 상기 중심점 간의 거리가 기 설정된 추종 간격이 유지되도록 상기 이동 로봇의 속도 및 방향 중 적어도 하나가 제어되는 단계를 포함할 수 있다.

[0025] 그리고, 상기 (C) 단계는 (C1) 단위 이동 범위를 설정하는 단계와; (C2) 현재 스캔 사이클 상에서 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트로부터 쌍을 이루는 한 쌍의 다리 영역으로 구성되는 보행 다리 영역을 추출하는 단계와; (C3) 현재 스캔 사이클 상에서 상기 보행 다리 영역이 복수개로 추출되는 경우, 상기 복수의 보행 다리 영역 중 이전 스캔 사이클 상에서 추종 대상이 된 이전 보행 다리 영역으로부터 상기 단위 이동 범위 내에 속하는 어느 하나를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0026] 여기서, 상기 단위 이동 범위는 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 이동 가능한 거리에 대한 바디 이동 거리 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 중심점이 회전 가능한 각도에 대한 바디 회전 각도 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심이 이동 가능한 거리에 대한 레그 이동 거리 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 각 다리 영역의 중심이 회전 가능한 각도에 대한 레그 이동 거리 범위 중 적어도 어느 하나를 포함하며; 상기 (C3) 단계에서는 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점 간의 거리가 상기 바디 이동 거리 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 회전한 각도가 상기 바디 회전 각도 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심 간의 거리가 상기 레그 이동 거리 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성

하는 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심이 회전한 각도가 상기 레그 회전 각도 범위에 속하는지 여부 중 적어도 어느 하나에 따라 상기 단위 이동 범위 내에 속하는지 여부가 판단될 수 있다.

[0027] 그리고, (E) 복수의 이전 스캔 사이클의 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 움직임에 대한 모션 정보를 추출하는 단계를 더 포함하며; 상기 (C) 단계는 (C4) 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않는 경우, 상기 모션 정보와 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않은 미 감지 시간에 기초하여, 상기 추종 대상 사람의 다리 영역의 예측 위치를 산출하는 단계와, (C5) 상기 산출된 예측 위치에서 추출되는 복수의 레그 데이터 포인트를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0028] 한편, 상기 목적은 본 발명의 또 다른 실시 형태에 따라, 주행을 위한 추종 주행 구동부와; 지면으로부터 기 설정된 높이에서 스캔 사이클 단위로 스캐닝하는 거리 센서와; 상기 거리 센서의 스캐닝에 의해 상기 각 스캔 사이클 단위로 획득된 복수의 데이터 포인트로부터 상술한 다리 추출 방법에 따라 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하는 다리 추출부와; 상기 다리 추출부에 의해 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트에 기초하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 판단하고, 상기 추종 대상 사람의 다리 영역에 기초하여 속도 및 방향 중 적어도 하나가 조절되도록 상기 추종 주행 구동부를 제어하는 메인 제어부를 포함하는 것을 특징으로 하는 사람 추종 주행이 가능한 이동 로봇에 의해서도 달성될 수 있다.

[0029] 여기서, 상기 메인 제어부는 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점을 산출하며; 상기 중심점이 상기 레이저 거리 센서의 스캔 영역의 중심 위치에 위치하고, 상기 이동 로봇과 상기 중심점 간의 거리가 기 설정된 추종 간격이 유지되도록 상기 추종 주행 구동부를 제어할 수 있다.

[0030] 그리고, 현재 스캔 사이클 상에서 추출된 상기 복수의 레그 데이터 포인트로부터 쌍을 이루는 한 쌍의 다리 영역으로 구성되는 보행 다리 영역을 추출하고, 현재 스캔 사이클 상에서 상기 보행 다리 영역이 복수개로 추출되는 경우 상기 복수의 보행 다리 영역 중 이전 스캔 사이클 상에서 추종 대상이 된 이전 보행 다리 영역으로부터 기 설정된 단위 이동 범위 내에 속하는 어느 하나를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 추출하여 상기 메인 제어부에 통지하는 추종 다리 판단부를 더 포함할 수 있다.

[0031] 여기서, 상기 단위 이동 범위는 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 이동 가능한 거리에 대한 바디 이동 거리 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 중심점이 회전 가능한 각도에 대한 바디 회전 각도 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심이 이동 가능한 거리에 대한 레그 이동 거리 범위와, 상기 추종 대상 사람에 대한 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇의 주시 방향을 중심으로 상기 각 다리 영역의 중심이 회전 가능한 각도에 대한 레그 이동 거리 범위 중 적어도 어느 하나를 포함하며; 상기 추종 다리 판단부는 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점 간의 거리가 상기 바디 이동 거리 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 한 쌍의 다리 영역 사이의 중심점이 회전한 각도가 상기 바디 회전 각도 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과, 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심 간의 거리가 상기 레그 이동 거리 범위에 속하는지 여부와, 상기 이전 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심과 상기 이동 로봇이 주시하는 방향을 중심으로 상기 각 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심이 회전한 각도가 상기 레그 회전 각도 범위에 속하는지 여부 중 적어도 어느 하나에 따라 상기 단위 이동 범위 내에 속하는지 여부를 판단할 수 있다.

[0032] 또한, 복수의 이전 스캔 사이클의 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 움직임에 대한 모션 정보를 추출하는 추종 다리 예측부를 더 포함하며; 상기 추종 다리 예측부는 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않는 경우, 상기 모션 정보와 상기 추종 대상 사람의 다리 영역이 추출되지 않은 미 감지 시간에 기초하여 상기 추종 대상 사람의 다리 영역의 예측 위치를 산출하며, 상기 산출된 예측 위치에서 추출되는 복수의 레그 데이터 포인트를 상기 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하여 상기 메인 제어부에 통지할 수 있다.

[0033] 여기서, 상기 모션 정보는 이전의 스캔 사이클 동안 추출된 상기 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 최대 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 구간에 대한 정지 이동 거리와, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 시간에 대한 스텝 시간과, 상기 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역의 지면으로부터 이격되어 이동하는 시간에 대한 스윙 시간을 포함할 수 있다.

효 과

- [0034] 본 발명에 따르면, 레이저 거리 센서와 같은 거리 센서 하나만을 이용하여 사람의 다리 형상을 추출하여 사람을 추적하거나 이동 로봇이 사람을 추종하여 주행할 수 있게 되어, 구조가 간단하고 제조 비용이 감소되면서도 연산량을 현저히 감소시킬 수 있게 된다.
- [0035] 또한, 다수의 사람이 존재하는 환경과 같이 추종 환경에서 발생하는 환경 변화에도 효과적으로 대처할 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0036] 이하에서는 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 실시예에 대해 상세히 설명한다.
- [0037] 본 발명에 따른 다리 추출 방법 및 이를 이용한 이동 로봇(100)의 사람 추종 주행 방법은 사람의 다리를 추출하고 사람 추종 주행에 있어 거리 센서를 이용한다. 여기서, 본 발명에 따른 거리 센서는 레이저 거리 센서(10)를 사용되는 것을 예로 하며, 1° 단위로 데이터 포인트를 취득하는 해상도의 레이저 거리 센서(10)가 적용되는 것을 예로 한다. 이하에서는 거리 센서로 레이저 거리 센서(10)가 적용되는 예에 기초하여 본 발명에 따른 다리 추출 방법 및 이를 이용한 이동 로봇(100)의 사람 추종 주행 방법을 설명한다.
- [0038] 또한, 레이저 거리 센서(10)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 지면으로부터 기 설정된 높이에서 사람의 다리 영역을 스캔하는 것을 예로 한다. 여기서, 레이저 거리 센서(10)의 스캔 높이는 평균적인 사람의 다리의 종아리 부분을 스캔할 수 있도록 지면으로부터 대략 28cm 정도 높이로 설정되는 것을 예로 한다.

[0039] 기준 레그 데이터 생성

- [0040] 본 발명에 따른 레이저 거리 센서(10)를 이용한 다리 추출 방법에서 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캔되는 데이터 포인트들로부터 사람의 다리 영역을 추출하기 위해 사용되는 기준 레그 데이터를 생성하는 과정을 도 2를 참조하여 설명한다.
- [0041] 먼저, 표본용 다리를 레이저 거리 센서(10)로 스캐닝하여 표본용 다리에 대한 복수의 표본 레그 포인트를 획득한다(S21). 본 발명에서는, 도 3에 도시된 바와 같이, 표본용 다리를 평평한 백그라운드로부터 일정 간격 이격된 상태로 배치시킨 다음(S21a), 레이저 거리 센서(10)로 스캐닝하는 것을 예로 한다.
- [0042] 여기서, 레이저 거리 센서(10)의 스캐닝의 스캐닝에 따라 복수의 표본 데이터 포인트가 획득되는데(S21b), 획득된 표본 데이터 포인트들은, 도 3에 도시된 바와 같이, 백그라운드 영역과 표본용 다리 영역이 구분됨에 따라 표본 데이터 포인트들로부터 표본용 다리 영역에 대한 표본 레그 데이터의 추출이 가능하게 된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에서는 표본용 다리로 실제 사람의 다리를 위치시켜 표본 레그 데이터를 추출하는 것을 예로 한다.
- [0043] 여기서, 표본 레그 데이터를 추출하기 위해, 먼저 추출된 복수의 표본 데이터 포인트를, 인접한 표본 데이터 포인트 간의 거리가 문턱값 이내인 데이터 포인트들끼리 그룹화하여 복수의 표본 클러스터 그룹을 생성한다(S21c).
- [0044] 도 3을 참조하여 설명하면, 표본 데이터 포인트 P1과 왼편에 위치하는 표본 데이터 포인트들에서 상호 이웃하는 표본 데이터 포인트 간의 거리가 문턱값 이내 인 경우, 이들 표본 데이터 포인트들은 하나의 표본 클러스터 그룹(이하, '제1 표본 클러스터 그룹'이라 함)에 속하게 된다.
- [0045] 그리고, 표본 데이터 포인트 P1과, 이와 이웃하는 표본 데이터 포인트 P2 간의 거리 d1이 문턱값보다 크면 표본 데이터 포인트 P2는 제1 표본 클러스터 그룹에 속하지 않는 다른 그룹이 된다. 그리고, 표본 데이터 포인트 P2와, 이와 이웃하는 표본 데이터 포인트 P3 간의 거리 d2가 문턱값 이내이면 P2와 P3이 하나의 표본 클러스터 그룹(이하, '제2 표본 클러스터 그룹'이라 함)에 속하게 된다.
- [0046] 동일한 방법으로 P3에서 P4까지의 표본 데이터 포인트에서 이웃하는 표본 데이터 포인트 간의 거리가 문턱값 이내인 경우, P3에서 P4까지의 표본 데이터 포인트들은 제2 표본 클러스터 그룹에 속하게 된다. 그리고, 이웃하

는 표본 데이터 포인트 P4와 P5 간의 거리 d_3 이 문턱값보다 크면 표본 데이터 포인트 P5는 제2 표본 클러스터 그룹에 속하지 않게 된다.

- [0047] 상기와 같이 문턱치를 이용하여 복수의 표본 데이터 포인트를 복수의 표본 클러스터 그룹으로 그룹핑함으로써, 레이저 거리 센서(10)에 의해 획득된 복수의 표본 데이터 포인트를 사물별로 그룹핑할 수 있게 된다.
- [0048] 여기서, 문턱값은 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캐닝되어 획득된 데이터 포인트들을 실제 사물별로 그룹핑할 수 있을 정도의 크기로 설정되는 것이 바람직하며, 크기가 작을수록 인접하게 배치된 사물을 구분할 수 있으나, 레이저 거리 센서(10)의 해상도(본 발명에서는 1° 간격으로 스캐닝하는 것을 예로 하고 있음)와, 실제 사람의 다리를 스캐닝한 데이터 포인트 간의 거리 등을 고려하여 설정될 수 있다.
- [0049] 본 발명에서는 문턱치를 설정하는데 사람의 다리 형상을 고려하여 설정하는 것을 예로 한다. 도 3에 도시된 바와 같은 실험 조건에서 레이저 거리 센서(10)를 이용하여 사람의 다리를 스캐닝하여 획득된 데이터 포인트들에서는 사람의 다리 영역을 인위적으로 추출하는 것이 가능하다.
- [0050] 이를 이용하여, 도 3에 도시된 조건에서 4명의 사람을 대상으로, 사람의 다리를 백그라운드로부터 1.5m, 1.0m, 0.5m 이격시킨 상태에서 4명의 사람의 다리에 대한 다양한 조건으로 3258번을 스캐닝하여 사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트들을 얻었다.
- [0051] 그리고, 획득된 데이터 포인트들을 이용하여 상호 이웃하는 한 쌍의 데이터 포인트들 간의 거리를 산출하였는데, 도 4는 산출된 거리의 히스토그램의 분포를 나타낸 도면이다. 도 4를 참조하여 설명하면, 상호 이웃하는 한 쌍의 데이터 포인트들 간의 거리는 1cm ~ 25cm의 범위를 나타내고 있으며, 80% 이상이 5cm 이내로 나타났다. 이에, 본 발명에서는 도 4에 도시된 히스토그램의 분포 상에서 95%의 범위에 속하는 거리를 문턱값으로 설정하는 것을 예로 하였으며, 문턱값은 10.9cm로 설정되었다.
- [0052] 다시, 도 2를 참조하여 설명하면, S21d 단계에서 획득된 표본 데이터 포인트로부터 인위적으로 다리 형상에 대응하는 표본 레그 포인트의 추출이 가능하나, 본 발명에서는 후술할 다리 추출 과정에서도 문턱값이 사용되므로, 동일한 조건에서 추출된 표본 레그 포인트를 이용함으로써 보다 정확한 기준 레그 데이터를 생성하게 된다.
- [0053] 한편, 복수의 표본 클러스터 그룹이 생성되면, 도 3에 도시된 바와 같이, 표본 클러스터 그룹 중 표본용 다리 영역에 해당하는 표본 클러스터 그룹에 속하는 표본 데이터 포인트를 표본용 다리에 해당하는 복수의 표본 레그 포인트로 추출한다(S21d).
- [0054] 그런 다음, 추출된 표본 레그 포인트에 기초하여 표본용 다리에 대한 표본 레그 데이터를 산출한다(S22). 여기서, 본 발명에 따른 표본 레그 데이터는 포인트 외곽값(G), 포인트 폭값(W) 및 포인트 두께값(d)을 포함하는 것을 예로 한다.
- [0055] 도 3을 참조하여 설명하면, 포인트 외곽값(G)은 상호 인접한, 즉 상호 이웃하는 레그 데이터 포인트들 간의 거리의 합으로 레그 데이터 포인트들 간을 연결하는 직선의 전체 길이가 된다.
- [0056] 그리고, 포인트 폭값(W)은 표본 레그 포인트 중 레이저 거리 센서(10)의 스캔 방향으로 양측 최외곽에 위치하는 표본 레그 포인트 간의 거리로 설정된다. 그리고, 포인트 두께값(d)은 최외곽 표본 레그 포인트가 형성하는 직선과, 나머지 표본 레그 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리값이 설정된다.
- [0057] 하나의 표본용 다리에 대한 표본 레그 포인트들로부터 포인트 외곽값(G), 포인트 폭값(W) 및 포인트 두께값(d)이 표본 레그 데이터로 생성이 완료되면, 다수의 다른 표본용 다리에 대해 S21 단계 및 S22 단계를 순차적으로 반복 수행하여 다수의 표본 레그 데이터를 수집한다. 여기서, 다수의 표본용 다리는 상술한 바와 같이, 4명의 사람을 대상으로, 사람의 다리를 표본용 다리로 하여 백그라운드로부터 1.5m, 1.0m, 0.5m 이격시킨 상태에서 4명의 사람의 다리에 대한 다양한 조건으로 3258번을 스캐닝을 통해 3258 가지의 표본 레그 데이터를 수집하게 된다.
- [0058] 상기 과정을 통해 다수의 표본 레그 데이터의 수집이 완료되면(S23), 수집된 다수의 표본 레그 데이터에 기초하여 기준 레그 데이터를 생성한다(S25). 본 발명에서는 수집된 표본 레그 데이터에 SVDD 기법을 적용(S24)하여 기준 레그 데이터를 생성(S25)하는 것을 예로 한다.
- [0059] SVDD(Support Vector Data Description) 기법은 정상 데이터들로부터 비정상 데이터를 분류하기 위해 사용되는 기법으로, 정상 데이터를 구분하기 위한 특정 공간(Feature space)에서 정의된 구를 이용하는 방법이다.

- [0060] 먼저, 기준 레그 데이터 중 포인트 외곽값(G)과 포인트 폭값(W)을 SVDD 기법의 트레이닝 입력(Train input)의 x 값 및 y 값으로 입력하고, 트레이닝 입력, 즉 포인트 외곽값(G)과 포인트 폭값(W)에 대한 마할라노비스 거리(Mahallnobis' Distance)를 트레이닝 출력(Train output)으로 생성한다.
- [0061] 또한, 기준 레그 데이터 중 포인트 외곽값(G)과 포인트 두께값(d)을 SVDD 기법의 트레이닝 입력의 x 값 및 y 값으로 입력하고, 트레이닝 입력인 포인트 외곽값(G)과 포인트 두께값(d)에 대한 마할라노비스 거리(Mahallnobis' Distance)를 트레이닝 출력으로 생성한다.
- [0062] 도 5의 (a)는 포인트 외곽값(G)과 포인트 폭값(W)을 SVDD 기법 상의 트레이닝 입력의 x 값 및 y 값으로 하여 얻은 결과로, 동일한 색상은 마하노비스 거리에 의해 같은 트레이닝 출력을 나타낸다. 그리고, 도 5의 (b)는 도 5의 (a)에서 동일한 트레이닝 출력력을 갖는 영역에 대한 경계를 표시한 도면이다. 여기서, 도 5에 도시된 그래프들은 도 4에 도시된 히스토그램의 생성에 사용된 데이터 포인트들을 이용한 것이다.
- [0063] 상기와 같은 과정을 통해 기준 레그 데이터가 생성되며, 본 발명에서는 기준 레그 데이터로 기준 포인트 외곽 범위, 기준 포인트 폭 범위 및 기준 포인트 두께 범위가 생성되는 것을 예로 한다.
- [0064] 여기서, 기준 포인트 외곽 범위는 사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트들 간의 거리의 합에 대응하고, 기준 포인트 폭 범위는 사람의 다리 영역에 해당하는 데이터 포인트 중 레이저 거리 센서(10)의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리에 대응하며, 기준 포인트 두께 범위는 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리에 대응한다. 즉, 기준 포인트 외곽 범위, 기준 포인트 폭 범위 및 기준 포인트 두께 범위는 각각 상술한 포인트 외곽값(G), 포인트 폭값(W) 및 포인트 두께값(d)에 각각 대응하게 된다.
- [0065] **다리 추출 방법**
- [0066] 이하에서는 상기와 같은 과정을 통해 생성된 기준 레그 데이터를 이용하여 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캐닝된 데이터로부터 사람의 다리를 추출하는 방법을, 도 6을 참조하여 설명한다.
- [0067] 먼저, 상술한 바와 같이 생성된 기준 레그 데이터가 설정된다(S61). 그런 다음, 거리 센서, 즉 상술한 바와 같이 레이저 거리 센서(10)의 스캐닝(S62)을 통해 복수의 데이터 포인트가 획득된다(S63). 도 7의 (a)는 본 발명에 따른 다리 추출 방법이 적용된 이동 로봇(100)에 설치된 레이저 거리 센서(10)가 사람의 후방에서 스캐닝하는 예를 도시한 도면이고, 도 7의 (b)는 도 7의 (a) 상태에서 스캐닝된 복수의 데이터 포인트를 나타낸 도면이다.
- [0068] 상기와 같이 복수의 데이터 포인트가 획득되면, 설정된 기준 레그 데이터에 기초하여 복수의 데이터 포인트로부터 사람의 다리 형상에 대한 복수의 레그 데이터 포인트를 추출하여 사람의 다리로 인식한다(S64).
- [0069] 도 6을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 복수의 데이터 포인트 중 상대적으로 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들을 제거한다(S64a). 본 발명에서는 상대적으로 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들을 인크리멘탈 기법(Incremental method)을 이용하여 제거하는 것을 예로 한다. 여기서, 인크리멘탈 기법(Incremental method)은 간단하면서도 빠르게 직선을 찾는 방법으로 알려져 있으며, 그 상세한 설명은 본 명세서에서 생략한다.
- [0070] 인크리멘탈 기법(Incremental method)을 통해, 도 7의 (a)에 도시된 양측 벽이나 쓰레기통에 해당하는 데이터 포인트들, 즉, 도 7의 (b)에 도시된 Wall 영역과 TB 영역이 일차적으로 제외될 수 있다. 그런 다음, 상술한 문턱값을 이용하여 복수의 클러스터 그룹을 생성한다(S644). 문턱값을 이용한 클러스터 그룹의 생성 방법은 상술한 표본 클러스터 그룹의 생성 과정에 대응하는 바, 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0071] 그런 다음, 복수의 클러스터 그룹이 속하는 데이터 포인트들이 기준 레그 데이터, 즉 상술한 바와 같이, 기준 포인트 외곽 범위, 기준 포인트 폭 범위, 기준 포인트 두께 범위에 속하는지 여부에 따라 해당 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들이 레그 포인트 데이터인지 여부를 판단하게 된다.
- [0072] 도 6을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 하나의 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들에 대해, 상호 인접한, 즉 상호 이웃하는 데이터 포인트 간의 거리의 합을 산출하고, 산출된 거리의 합이 기준 포인트 외곽 범위에 속하는지 여부를 판단한다(S64c). 여기서, 상호 이웃하는 데이터 포인트 간의 거리의 합을 산출하는 방법은 상술한 포인트 외곽값(G)을 산출하는 방법에 대응하는 바 그 설명은 생략한다.

- [0073] 여기서, S64c 단계에서 산출된 거리의 합이 기준 포인트 외곽 범위를 벗어나는 경우에는 해당 클러스터 그룹은 사람의 다리 영역에 해당하지 않으므로 이를 제외한다(S64i). 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이, 사람 다리의 외곽 길이보다 긴 외곽의 길이를 갖는 화분이나 종이백에 해당하는 클러스터 그룹(도 7의 (b)의 FP 및 PB)이 제외될 수 있다.
- [0074] 반면, S64c 단계에서 산출된 거리의 합이 기준 포인트 외곽 범위에 속하는 경우에는 해당 클러스터 그룹에 속하는 포인트 데이터들이 오목 형상인지 여부를 판단한다(S64d). 통상적으로 사람의 다리에 대응하는 데이터 포인트들은, 도 8의 (a)에 도시된 바와 같은 형상, 즉 볼록한 형상을 갖게 되나, 사람이 입은 바지의 구김 현상에 의해 도 8의 (b)에 도시된 바와 같은 오목한 형상을 가질 수 있다.
- [0075] 본 발명에서는 사람의 다리에 대한 데이터 포인트들이 오목한 형상으로 추출될 수 있음을 고려하여, 데이터 포인트들에 오목한 형상 부분이 존재하는 경우, 해당 오목한 정도가 기준값 이내인지 여부를 판단한다(S64e).
- [0076] 여기서, 오목한 정도는, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 해당 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들 중 최외곽 데이터 포인트를 연결하는 직선과 오목한 형상 부분에 해당하는 데이터 포인트 간의 거리로 정의한다. 그리고, 기준값의 설정은, 도 4에 도시된 히스토그램을 추출하는데 얻은 데이터 포인트들 중 오목한 부분이 존재하는 데이터 포인트들의 그룹들에서 추출된 거리값들에 기초하여 설정될 수 있으며, 본 발명에서는 기준값을 3cm로 설정하는 것을 예로 한다.
- [0077] 상기와 같은 방법에 따라, S64e 단계에서 기준값을 초과하는 것으로 판단되면, 해당 클러스터 그룹은 제외된다(S64i). 이에 따라, 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이, 사다리 위에 걸쳐진 자켓에 해당하는 클러스터 그룹(도 7의 (b)의 LJ)이 제외될 수 있다.
- [0078] 반면, S64e 단계에서 기준값 이내에 포함되는 것으로 판단되면, 해당 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트 중 레이저 거리 센서(10)의 스캔 방향으로의 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리를 산출하여 기준 포인트 폭 범위에 속하는지 여부를 판단한다(S64f).
- [0079] 여기서, 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리가 기준 포인트 폭 범위를 벗어나는 것으로 판단되는 경우에는 해당 클러스터 그룹을 제외한다(S64i). 이를 통해, 도 7의 (a)에 나타난 바와 같이, 사람의 다리 폭보다 더 좁은 소화전에 해당하는 클러스터 그룹(도 7의 (b)의 FE)이 제외될 수 있다.
- [0080] 반면, S64f 단계에서 양측 최외곽 데이터 포인트 간의 거리가 기준 포인트 폭 범위 내인 것으로 판단되면, 해당 클러스터 그룹의 상술한 최외곽 데이터 포인트가 형성하는 직선과 나머지 데이터 포인트 간의 거리 중 가장 긴 거리를 산출하여 기준 포인트 두께 범위에 속하는지 여부를 판단한다(S64g).
- [0081] 이 때, 가장 긴 거리가 기준 포인트 두께 범위를 벗어나는 것으로 판단되는 경우에는 해당 클러스터 그룹은 제외되고(S64i), 기준 포인트 두께 범위 이내인 것으로 판단되는 경우에는 해당 클러스터 그룹에 속하는 데이터 포인트들이 사람 다리에 해당하는 레그 데이터 포인트로 추출(S64h)됨으로써, 해당 레그 데이터 포인트가 사람의 다리로 인식된다.
- [0082] 그리고, S64b 단계에서 생성된 모든 클러스터 그룹에 대해 상기와 같은 과정을 적용(S64j 단계 참조)하여 레그 데이터 포인트를 추출하게 된다(S64h). 여기서, S64c 단계, S64d 단계, S64f 단계 및 S64g 단계의 수행 순서는 도 6에 도시된 순서에 국한되지 않으며, 경험적으로 많은 클러스터 그룹을 제외할 수 있는 과정이 우선 진행되는 것이 처리 속도 향상에 바람직할 것이다.
- [0083] **이동 로봇(100)의 사람 추종 주행 방법**
- [0084] 본 발명에 따른 상술한 다리 추출 방법을 이용하여 이동 로봇(100)이 사람을 추종하여 주행하는 사람 추종 주행 방법에 대해 상세히 설명한다.
- [0085] 본 발명에 따른 이동 로봇(100)은, 도 9에 도시된 바와 같이, 레이저 거리 센서(10), 다리 추출부(20), 추종 주행 구동부(30) 및 메인 제어부(40)를 포함한다. 또한, 본 발명에 따른 이동 로봇(100)은 데이터 저장부(24), 추종 다리 판단부(50) 및 추종 다리 예측부(60)를 더 포함할 수 있다.
- [0086] 레이저 거리 센서(10)는, 도 1에 도시된 바와 같이, 지면으로부터 기 설정된 높이에서 추종 대상 사람의 다리 영역을 스캔할 수 있도록 이동 로봇(100)에 설치된다. 도 1에서는 상술한 바와 같이, 레이저 거리 센서(10)가

지면으로부터 28cm 높이에서 수평 방향으로 스캐닝하도록 설치되는 것을 예로 하고 있다.

[0087] 다리 추출부(20)는 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캐닝된 데이터들을 이용하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 추출한다. 여기서, 본 발명에 따른 다리 추출부(20)는 라인 제거부(21), 클러스터 그룹 생성부(22) 및 레그 데이터 포인트 추출부(23)를 포함할 수 있다.

[0088] 라인 제거부(21)는 상술한 바와 같이, 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캐닝되어 취득된 복수의 데이터 포인트들에서 긴 라인 영역을 형성하는 데이터 포인트들을 인크리멘탈 기법(Incremental method)을 이용하여 제거한다.

[0089] 그리고, 클러스터 그룹 생성부(22)는 라인 제거부(21)를 통과한 나머지 데이터 포인트들을 복수의 클러스터 그룹으로 그룹핑한다. 여기서, 클러스터 그룹 생성부(22)가 데이터 포인트들을 클러스터 그룹으로 그룹핑하는 방법은 상술한 바와 같은 바, 그 상세한 설명은 생략한다.

[0090] 레그 데이터 포인트 추출부(23)는 클러스터 그룹 생성부(22)에 의해 생성된 클러스터 그룹에 각각 속한 데이터 포인트들이 추종 대상 사람의 다리 형상에 대응하는 레그 데이터 포인트인지 여부를 판단하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 추출한다. 여기서, 데이터 저장부(24)에는 상술한 기준 레그 데이터가 저장되어 있으며, 레그 데이터 포인트 추출부(23)는 데이터 저장부(24)에 저장된 기준 레그 데이터를 참조하여 추종 대상 사람의 다리 영역을 추출한다. 여기서, 레그 데이터 포인트 추출부(23)가 기준 레그 데이터를 참조하여 클러스터 그룹에서 추종 대상 사람의 다리 영역을 추출하는 과정은 상술한 바와 같은 바, 그 상세한 설명은 생략한다.

[0091] 한편, 메인 제어부(40)는 추종 주행 구동부(30)를 제어하여, 로봇의 속도 및 방향을 제어한다. 여기서, 메인 제어부(40)는 레이저 거리 센서(10)의 스캔 사이클 단위로 다리 추출부(20)가 추종 대상 사람의 다리 영역을 추출하도록 레이저 거리 센서(10) 및 다리 추출부(20)를 제어한다. 그리고, 메인 제어부(40)는 다리 추출부(20)에 의해 레이저 거리 센서(10)의 스캔 사이클 단위로 추출되는 추종 대상 사람의 다리 영역, 즉 다리 영역에 해당하는 복수의 레그 데이터 포인트에 기초하여 이동 로봇(100)의 속도 및 방향이 결정되도록 추종 주행 구동부(30)를 제어한다.

[0092] 보다 구체적으로 설명하면, 메인 제어부(40)는 각 스캔 사이클에서 판단된 추종 대상 사람에 대한 한 쌍의 다리 영역의 중심을 연결하는 직선의 중심점의 위치를 해당 스캔 사이클에서의 추종 대상 사람의 위치로 판단할 수 있다.

[0093] 그리고, 메인 제어부(40)는 각 스캔 사이클에서의 중심점을 추종 대상 사람의 위치로 판단하고, 추종 대상 사람과의 간격이 기 설정된 추종 간격이 되도록 추종 주행 구동부(30)를 제어할 수 있다. 본 발명에서는 추종 간격이 50cm으로 설정하는 것을 예로 하며, 메인 제어부(40)는 추종 대상 사람과 이동 로봇(100)의 간격이 50cm가 되도록 추종 주행 구동부(30)를 제어한다.

[0094] 도 10을 참조하여 설명하면, Ideal Pose 위치는 이동 로봇(100)의 관점에서 추종 대상 사람의 위치, 즉 이동 로봇(100)으로부터 추종 간격인 50cm 떨어진 상태로 이동 로봇(100)이 정면으로 사람을 바라보는 위치이다. 이러한 Ideal Pose 위치를 이용하여, 메인 제어부(40)는 [수학식 1]을 통해 이동 로봇(100)이 병진속도 V_t 와 각속도 W_r 를 산출하여 추종 주행 구동부(30)를 제어한다.

[0095] [수학식 1]

$$\begin{bmatrix} V_t \\ W_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_t \cdot l \cos \theta \\ k_r \cdot l \sin \theta \end{bmatrix}$$

[0096]

[0097] [수학식 1]에서 k_t 및 k_r 은 병진속도 및 각속도에 대한 변수로, 다수의 실험을 통해 각각 적절한 값으로 설정될 수 있다. 여기서, 도 10을 참조한 병진속도 및 각속도의 산출에 따른 추종 주행 구동부(30)의 제어는 하나의 실시예에 불과하며, 추종 대상 사람과 일정 간격을 유지한 상태로 이동 로봇(100)이 추종 대상 사람을 정면으로 바라보는 자세를 취하도록 제어할 수 있는 다양한 방법이 적용 가능함은 물론이다.

[0098] 한편, 도 11은 이동 로봇(100)에 설치된 레이저 거리 센서(10)의 스캔 영역(SR) 내에서 추종 대상 사람 이외의 다른 사람이 감지된 상태를 도시한 도면이다. 즉, 이동 로봇(100)이 추종 대상 사람을 추종하여 주행하는 과정

에서 레이저 거리 센서(10)의 스캔 영역(SR) 내에 다른 사람이 감지된 상태이다.

- [0099] 도 11에 도시된 상태에서 다리 추출부(20)가 레이저 거리 센서(10)에 의해 스캐닝된 데이터를 이용하여 다리를 추출하게 되면 6개의 다리가 추출되는데, 이 때 추종 다리 판단부(50)는 6 개의 다리 영역에서 추종 대상 사람의 다리 영역, 즉 한 쌍의 다리 영역을 판단한다.
- [0100] 도 12를 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 추종 다리 판단부(50)는 현재 스캔 사이클 상에서 추출된 복수의 레그 포인트, 즉 6개의 다리 영역에서 쌍을 이루는, 즉 한 명의 사람에게 해당하는 한 쌍의 다리 영역을 판단한다(S120). 이하에서는 한 명의 사람에게 해당하는 한 쌍의 다리 영역을 보행 다리 영역으로 정의하여 설명한다.
- [0101] 여기서, 보행 다리 영역의 추출 방법은 통상적인 사람의 보행에서 나타날 수 있는 두 다리 간의 간격에 기초하여 설명된 보행 다리 범위에 기초하여 추출될 수 있다. 예를 들어 보행 다리 범위를 21.5cm ~ 53.12cm로 설정하고, 두 개의 다리 영역의 간격이 보행 다리 범위에 속하는 경우 해당 두 개의 다리 영역을 보행 다리 영역으로 판단할 수 있다. 도 11에서는 3개의 보행 다리 영역이 추출된다.
- [0102] 그런 다음, 추종 다리 판단부(50)는 이전 스캔 사이클 상에서 추종 대상 사람의 보행 다리 영역으로부터 기 설정된 단위 이동 범위 내에 속하는 보행 다리 영역을 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단하게 된다.
- [0103] 여기서, 단위 이동 범위는 통상적인 사람의 보행 패턴에 기초하여 설정되는데, 본 발명에서는 단위 이동 범위로 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max}), 바디 회전 각도 범위(BAR_{min} , BAR_{max}), 레그 이동 거리 범위(LMR_{min} , LMR_{max}) 및 레그 회전 각도 범위(LAR_{min} , LAR_{max})가 설정되는 것을 예로 한다.
- [0104] 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})는 사람의 몸의 중심이 통상적인 보행 범위에서 움직일 수 있는 범위를 의미하며, 보행 다리 영역을 구성하는 한 쌍의 다리 영역의 중심을 연결하는 직선의 중심선을 사람의 몸의 중심으로 판단하여 결정한다.
- [0105] 그리고, 바디 회전 각도 범위(BAR_{min} , BAR_{max})는 사람의 통상적인 보행 중 방향을 바꿀 때 사람의 몸의 중심이 움직일 수 있는 회전 범위를 의미하며, 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})에서와 마찬가지로 보행 다리 영역을 구성하는 한 쌍의 다리 영역의 중심을 연결하는 직선의 중심선을 사람의 몸의 중심으로 판단하여 결정한다.
- [0106] 그리고, 레그 이동 거리 범위(LMR_{min} , LMR_{max})는 사람의 통상적인 보행 중에 사람의 다리가 움직일 수 있는 범위를 의미하며, 보행 다리 영역을 구성하는 각 다리 영역의 중심을 기준으로 판단한다. 마지막으로, 레그 회전 각도 범위(LAR_{min} , LAR_{max})는 사람의 통상적인 보행 중 방향을 바꿀 때 사람의 다리가 움직일 수 있는 회전 범위를 의미하며, 보행 다리 영역을 구성하는 각 다리 영역의 중심을 기준으로 판단한다.
- [0107] 상기와 같은 단위 이동 범위를 이용하여 추종 다리 판단부(50)가 추종 대상 사람을 추출하는 과정을, 도 12를 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- [0108] 먼저, 추종 다리 판단부(50)는 상술한 방법으로 복수의 보행 다리 영역을 추출한다(S120). 그런 다음, 추종 다리 판단부(50)는 이전 스캔 사이클에서 추종 대상 사람의 한 쌍의 다리 영역, 즉 이전 스캔 사이클에서 추종 대상이 된 보행 다리 영역과 현재 판단 대상이 되는 보행 다리 영역 간의 바디 이동 거리(BM)를 산출한다(S121). 여기서, 바디 이동 거리(BM)는 이전 스캔 사이클의 보행 다리 영역의 중심점과 현재 보행 다리 영역의 중심점 간의 거리로 산출된다.
- [0109] 그런 다음, 추종 다리 판단부(50)는 산출된 바디 이동 거리(BM)가 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})에 속하는지 여부를 판단하고(S122), 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})를 벗어나는 경우는 해당 보행 다리 영역은 추종 대상이 아닌 것으로 판단하여 제외한다(S130).
- [0110] 반면, 바디 이동 거리(BM)가 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})에 속하는 것으로 판단되는 경우, 추종 다리 판단부(50)는 바디 회전 각도(BA)를 산출한다(S120). 여기서, 바디 회전 각도(BA)는 이전 스캔 사이클의 보행 다리 영역의 중심점과 이동 로봇(100)의 주시 방향을 중심으로 현재 보행 다리 영역의 중심점이 회전한 각도로 산출된다.
- [0111] 여기서, 추종 다리 판단부(50)는 산출된 바디 회전 각도(BA)가 바디 회전 각도 범위(BAR_{min} , BAR_{max})에 속하는지 여부를 판단하고(S124), 바디 회전 각도 범위(BAR_{min} , BAR_{max})를 벗어나는 경우에는 해당 보행 다리 영역을 추종

대상이 아닌 것으로 판단하여 제외한다(S130).

- [0112] 반면, 바디 회전 각도(BA)가 바디 이동 거리 범위(BMR_{min} , BMR_{max})에 속하는 것으로 판단되는 경우, 추종 다리 판단부(50)는 레그 이동 거리(LM)를 산출한다(S125). 여기서, 레그 이동 거리(LM)는 이전 스캔 사이클의 보행 다리 영역을 구성하는 한 쌍의 다리 영역의 중심으로부터 현재 보행 다리 영역을 구성하는 한 쌍의 다리 영역의 중심까지의 거리로 산출된다. 즉, 레그 이동 거리(LM)는 하나의 보행 다리 영역을 판단하는데 있어 4개의 값이 산출 가능하게 된다.
- [0113] 여기서, 추종 다리 판단부(50)는 각각의 레그 이동 거리(LM)가 레그 이동 거리 범위(LMR_{min} , LMR_{max})에 속하는지 여부를 판단하고(S126), 어느 하나의 레그 이동 거리(LM)라도 레그 이동 거리 범위(LMR_{min} , LMR_{max})를 벗어나는 경우에는 해당 보행 다리 영역을 추종 대상이 아닌 것으로 판단하여 제외한다(S130).
- [0114] 반면, 레그 이동 거리(LM)들이 레그 이동 거리 범위(LMR_{min} , LMR_{max})에 속하는 것으로 판단되는 경우, 추종 다리 판단부(50)는 레그 회전 각도(LA)를 산출한다(S127). 여기서, 레그 회전 각도(LA)는 이전 스캔 사이클의 보행 다리 영역을 구성하는 각 다리 영역의 중심과 이동 로봇(100)의 주시 방향을 중심으로 현재 보행 다리 영역을 형성하는 각 다리 영역의 중심이 회전한 각도로 산출된다. 즉, 레그 회전 각도(LA)는 하나의 보행 다리 영역을 판단하는데 있어 4개의 값이 산출 가능하게 된다.
- [0115] 여기서, 추종 다리 판단부(50)는 각각의 레그 회전 각도(LA)가 레그 회전 각도 범위(LAR_{min} , LAR_{max})에 속하는지 여부를 판단하고(S128), 레그 회전 각도(LA)들이 레그 회전 각도 범위(LAR_{min} , LAR_{max})에 속하는 것으로 판단되는 경우, 해당 보행 다리 영역을 추종 대상 사람의 다리 영역들로 판단하여(S129), 이를 메인 제어부(40)에 통지하게 된다. 이 경우, 메인 제어부(40)는 추종 다리 판단부(50)로부터 전달되는 다리 영역에 대한 정보에 기초하여 상술한 바와 같이 추종 주행 구동부(30)를 제어하여 이동 로봇(100)에 추종 대상 사람을 추종하여 주행하도록 한다.
- [0116] 반면, 추종 다리 판단부(50)는 레그 회전 각도(LA)들 중 어느 하나라도 레그 회전 각도 범위(LAR_{min} , LAR_{max})를 벗어나는 것으로 판단되는 경우 해당 보행 다리 영역을 추종 대상이 아닌 것으로 판단하여 제외하고, 다른 보행 다리 영역이 존재하는지 여부를 파악한다(S131). 그리고, 추종 다리 판단부(50)는 다른 보행 다리 영역이 존재하는 경우, S121 단계 내지 S128 단계를 수행하여, 해당 보행 다리 영역이 추종 대상인지 여부를 판단하게 된다.
- [0117] 상기와 같은 과정을 통해, 레이저 거리 센서(10)의 스캔 영역(SR) 내에 다른 사람이 들어오더라도, 이동 로봇(100)이 추종 대상 사람을 지속적으로 추종하여 주행 가능하게 된다. 또한, 사람의 몸의 이동 범위와 회전 범위 이외에도 다리의 이동 범위와 회전 범위를 추종 대상을 판단하는데 사용함으로써, 추종 대상 사람과 다른 사람이 근접하게 위치하는 경우에도 추종 대상 사람을 구분하는데 정확성을 높일 수 있게 된다.
- [0118] 이하에서는, 도 13을 참조하여 이동 로봇(100)이 추종 대상 사람을 추종하여 주행하는 과정에서, 추종 대상 사람과 이동 로봇(100) 사이에 사람과 같은 다른 물체가 지나감에 따라 추종 대상 사람의 다리 영역이 감지되지 않는 경우의 사람 추종 주행 방법에 대해 설명한다.
- [0119] 도 13에서 H 영역이 감지되지 않은 영역에 해당한다. 일 예로, 사람이 추종 대상 사람과 이동 로봇(100)을 지나가게 되면, 도 12를 참조하여 설명한 바와 같이 추종 대상 사람과 이동 로봇(100) 사이를 지나가는 사람은 추종 대상으로 판단되지 않아 결과적으로는 도 12의 S131 단계에서 ㉠ 단계로 진행된다.
- [0120] 이 때, 추종 다리 예측부(60)는 ㉠ 단계로 진행되는 경우, 이전의 스캔 사이클들에서 추출된 추종 대상 사람에 대한 다리 영역의 움직임에 대한 모션 정보와, 감지되지 않은 시간에 대한 미 감지 시간에 기초하여, 추종 대상 사람의 다리 영역의 위치를 예측한다. 그리고, 추종 다리 예측부(60)는 예측된 다리 영역의 위치에서 다리 영역이 추출되는 경우 해당 다리 영역을 추종 대상 사람의 다리 영역으로 판단한다.
- [0121] 여기서, 모션 정보는 이전의 스캔 사이클 동안 추출된 추종 대상 사람의 다리 영역들에 기초하여 산출되며, 추종 대상 사람의 다리 영역의 최대 이동 거리와, 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 시간에 대한 스탠스 시간과, 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역의 지면으로부터 이격되어 이동하는 시간에 대한 스윙 시간을 포함할 수 있다.

[0122] 본 발명에서는 일정 시간 동안 추종 대상 사람의 다리 영역이 감지되지 않는 경우, [수학식 2]를 통해 추종 대상 사람의 다리 영역의 위치를 예측하는 것을 예로 한다.

[0123] [수학식 2]

$$A = \Delta d_{\max} - \Delta d_{\text{stance}}, t_{\text{cycle}} = t_{\text{swing}} + t_{\text{stance}}$$

if($t \leq t_{swing}$)

$$\Delta d_t = -\frac{A}{2} \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{t_{swing}} \cdot t\right) + \frac{A}{2} + \Delta d_{stance}$$

else if($t > t_{swing}$ & $t \leq t_{cycle}$)

$$\Delta d_t = \Delta d_{stance}$$

[0125] [수학식 2]에서 $\Delta d_{\max}$ 는 최대 이동 거리이고, Δt_{stance} 는 스탠스 시간이고, Δt_{swing} 은 스윙 시간이다. 그리고, Δd_{stance} 는 추종 대상 사람의 하나의 다리 영역이 지면에 닿아있는 구간들의 평균으로 본 발명에서는 통상적인 사람의 보행에서 추출되는 5.21cm를 상수로 사용한다. 여기서, [수학식 2]는 논문 『Armin Bruderlin, Thomas W. Calvert, school of computer science Simon Fraser University, "Goal-Directed, Dynamic Animation of Human Walking", Computer graphics Vol23. Number 3, July 1989』에 개시된 워킹 모델을 이용하여 유도하였다.

[0126] 도 13에서 F(t) 영역은 상기 [수학식 2]를 이용하여 다리 영역을 계산하여 도시한 것으로 실제 다리 영역에 근사됨을 알 수 있다.

[0127] 상기와 같은 구성에 따라, 이동 로봇(100)과 추종 대상 사람 사이에 다른 사람이 지나가더라도 이동 로봇(100)이 추종 대상 사람을 지속적으로 추종 가능하게 된다.

[0128] 전술한 실시예들에서는 기준 레그 데이터가 도 2에 도시된 과정을 통해 생성되는 것을 예로 하였으나, 기준 레그 데이터의 범위에 적합한 임의의 값들을 설정하여 사용 가능함은 물론이다.

[0129] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0130] 도 1은 본 발명에 따른 이동 로봇이 설치된 구성을 도시한 도면이고,

[0131] 도 2 내지 도 5는 본 발명에 따른 기준 레그 데이터를 생성하는 방법의 예를 설명하기 위한 도면이고,

[0132] 도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 거리 센서를 이용한 다리 추출 방법을 설명하기 위한 도면이고,

[0133] 도 9는 본 발명에 따른 이동 로봇의 구성을 도시한 도면이고,

[0134] 도 10 내지 도 13은 본 발명에 따른 이동 로봇이 사람 추종 주행하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0135] <도면의 주요 번호에 대한 설명>

[0136] 100 : 이동 로봇 10 : 레이저 거리 센서

[0137] 20 : 다리 추출부 21 : 라인 제거부

[0138] 22 : 클러스터 그룹 생성부 23 : 레그 데이터 포인터 추출부

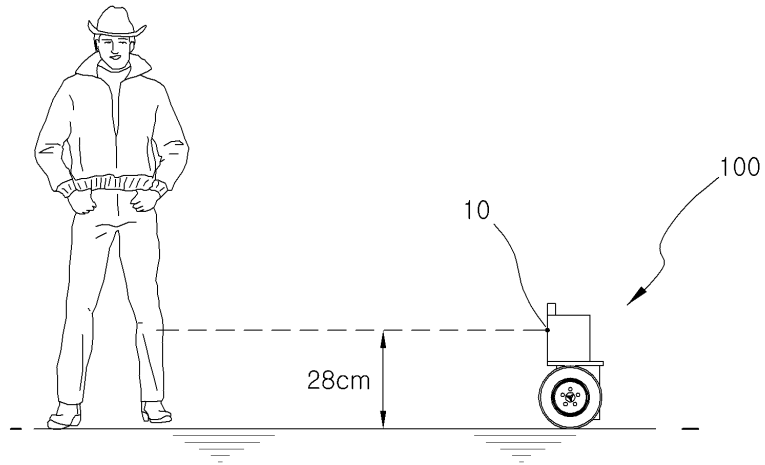
[0139] 24 : 데이터 저장부 30 : 추종 주행 구동부

[0140] 40 : 메인 제어부 50 : 추종 다리 판단부

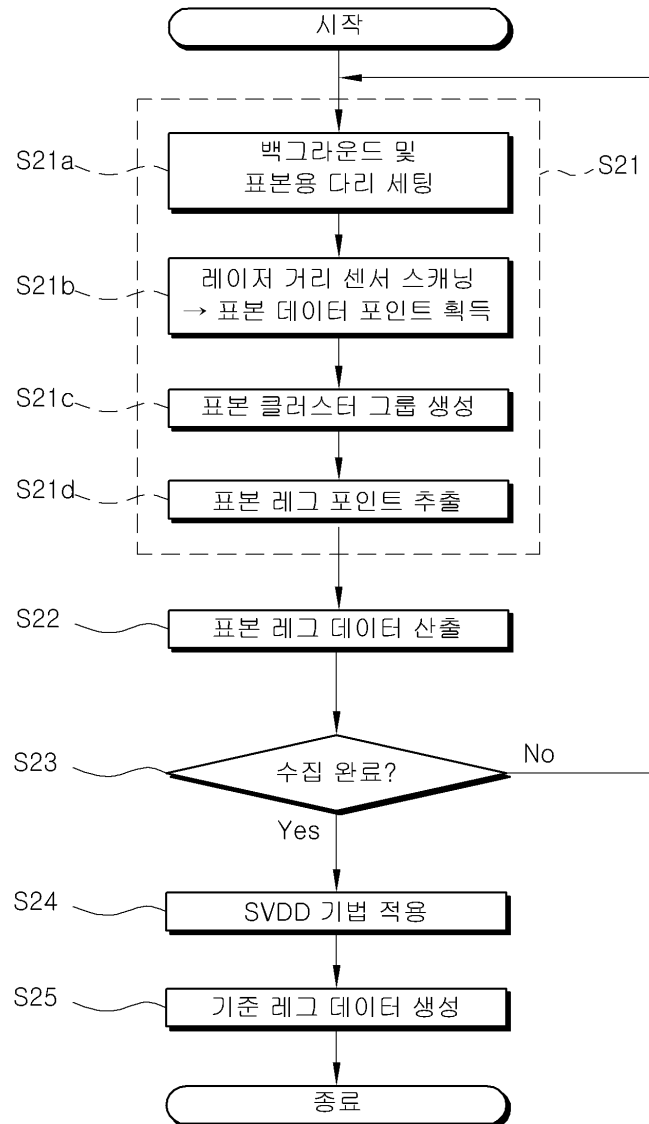
[0141] 60 : 추종 다리 예측부

도면

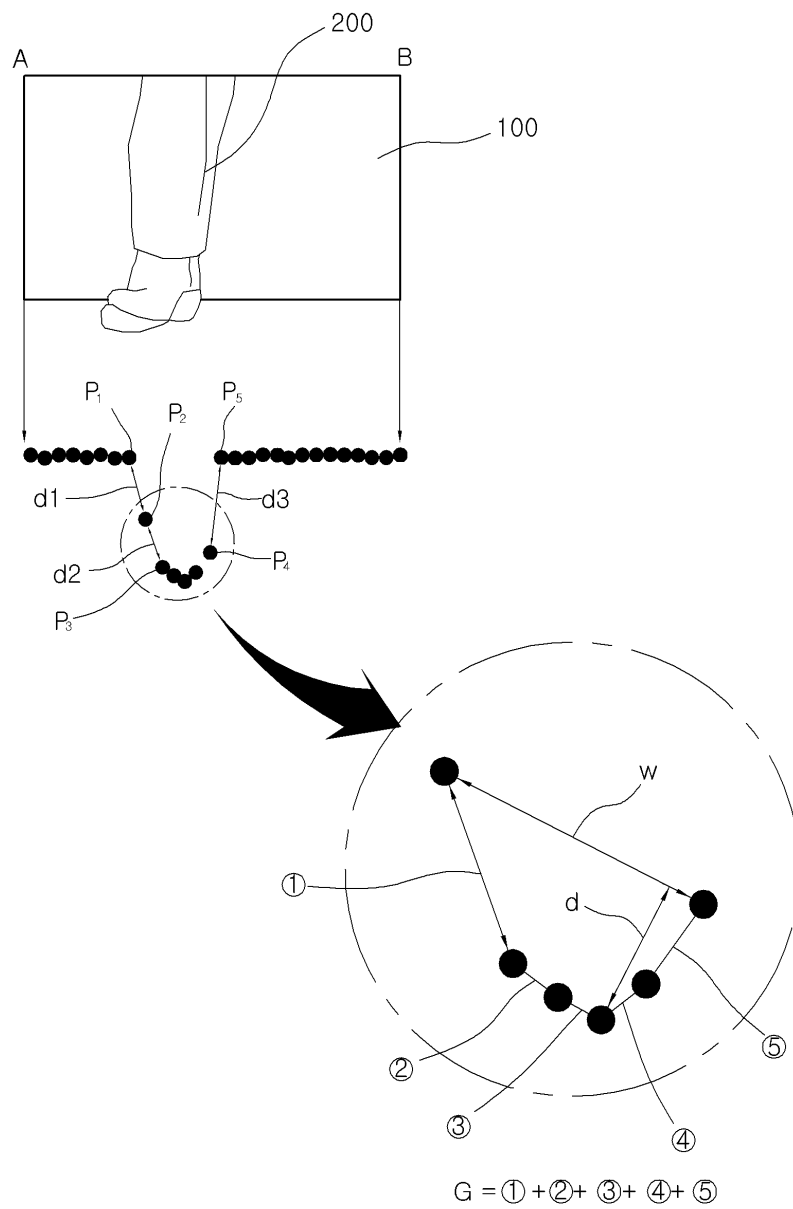
도면1



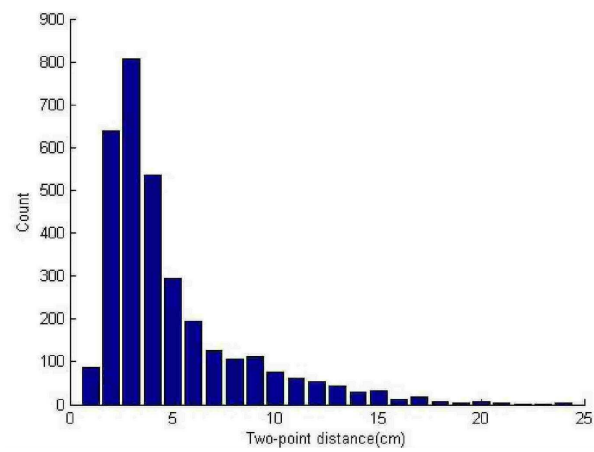
도면2



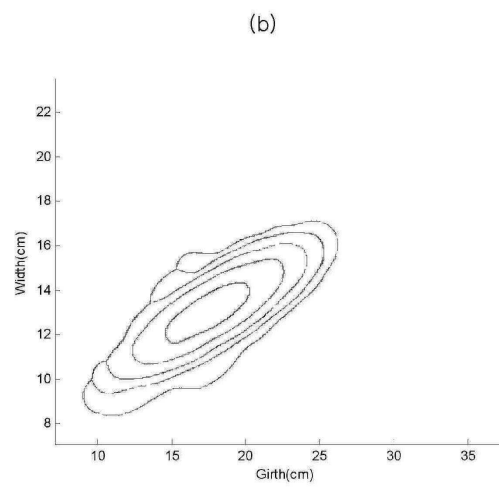
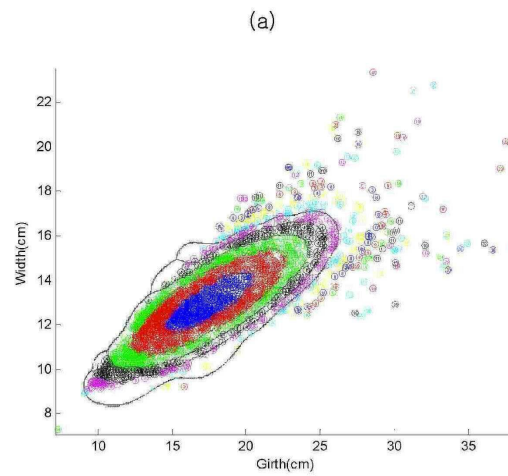
도면3



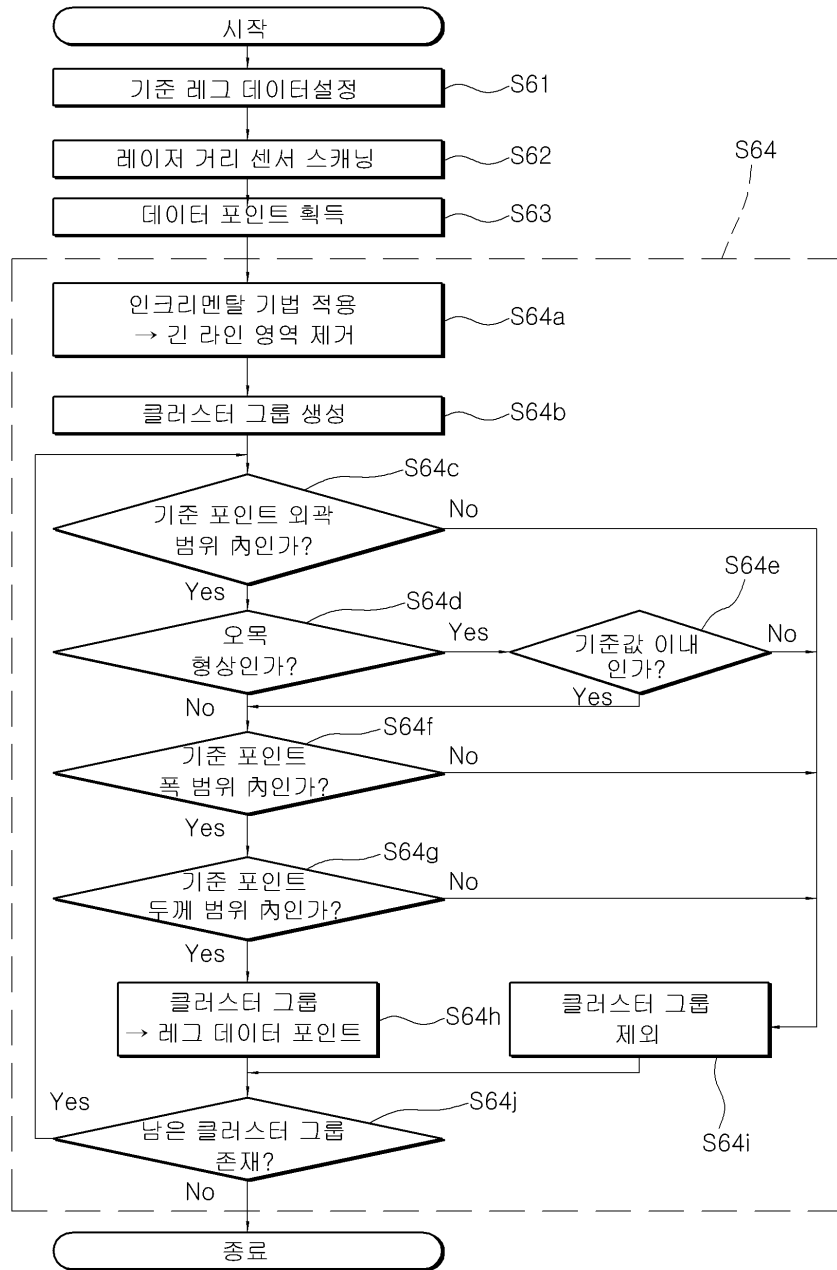
도면4



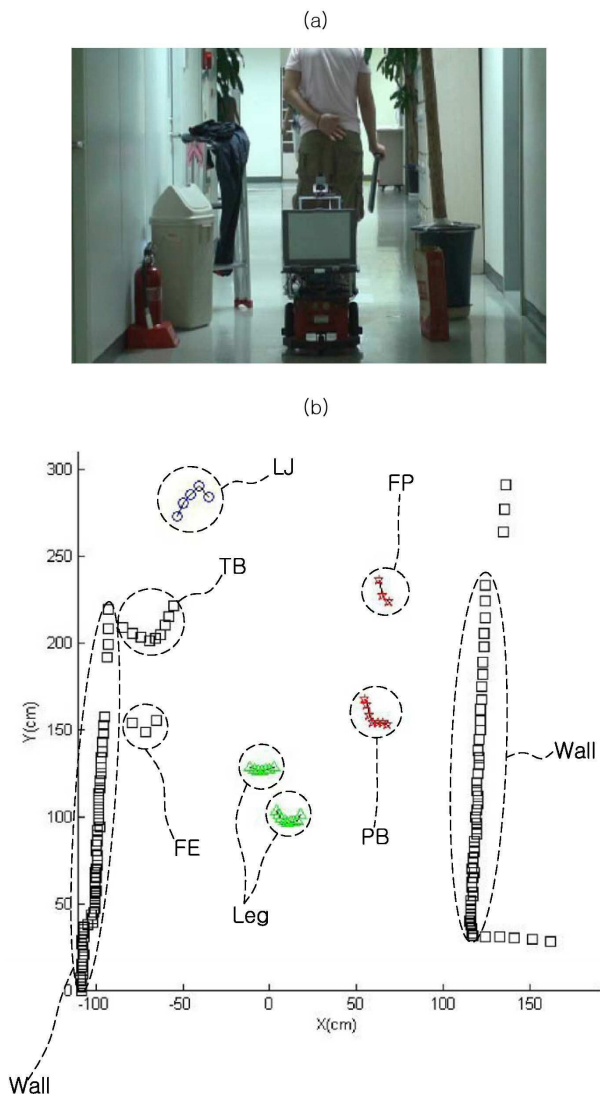
도면5



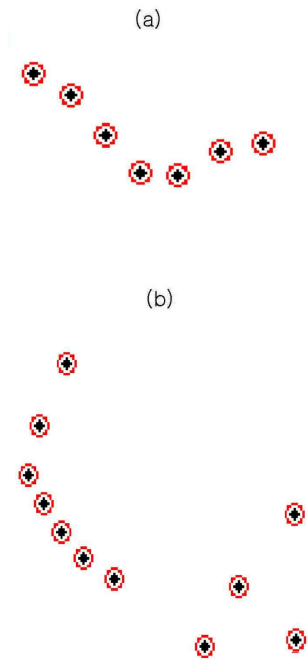
도면6



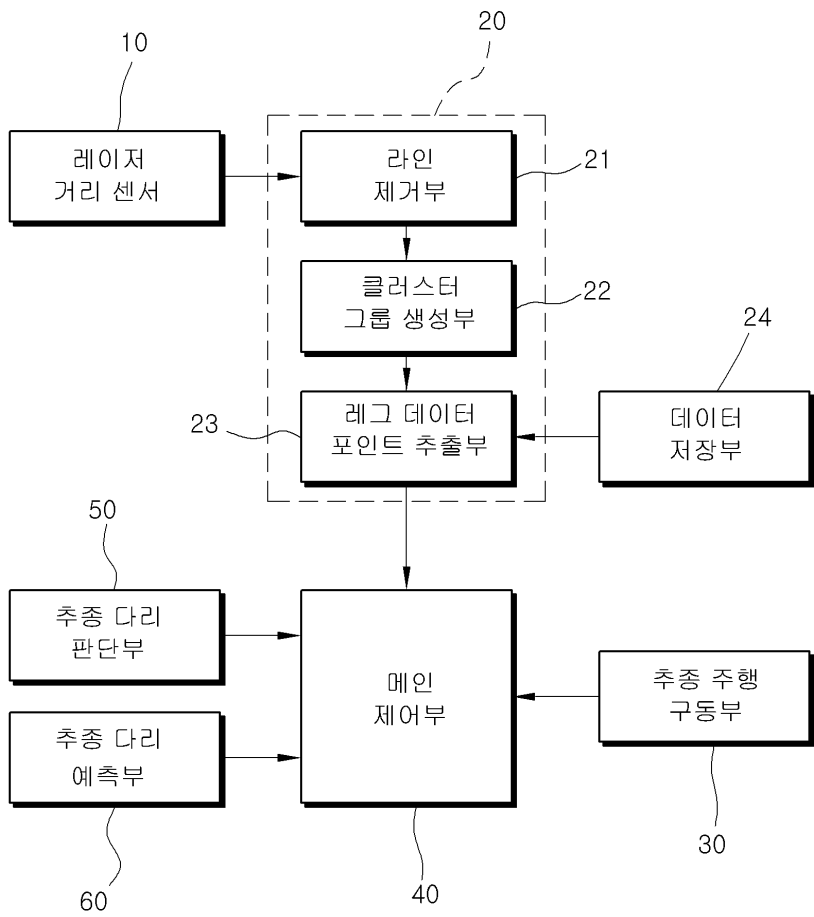
도면7



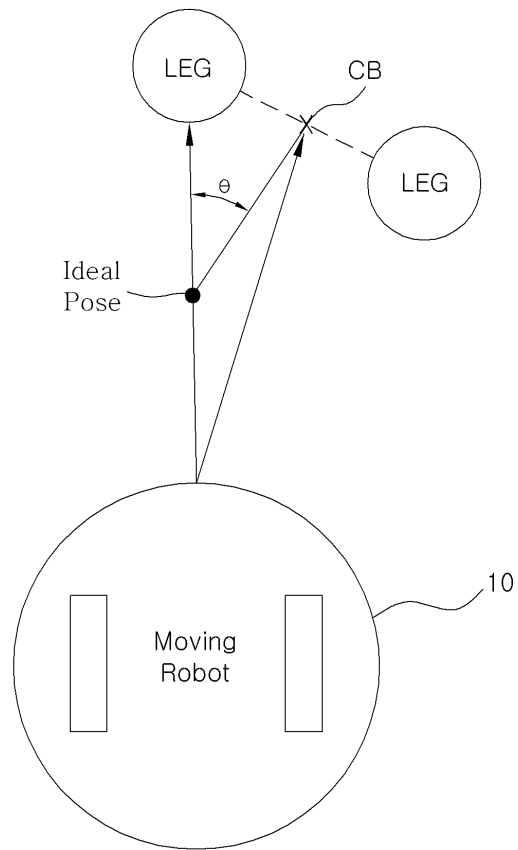
도면8



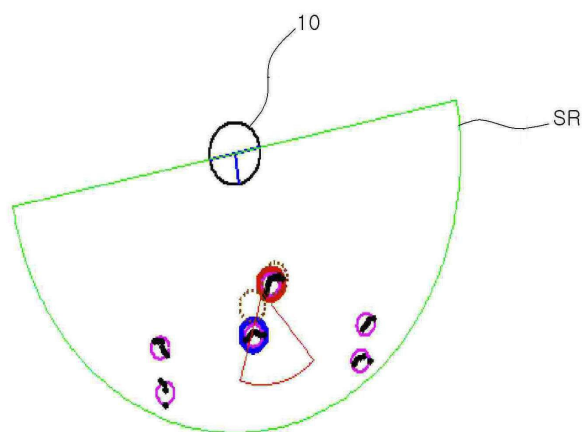
도면9



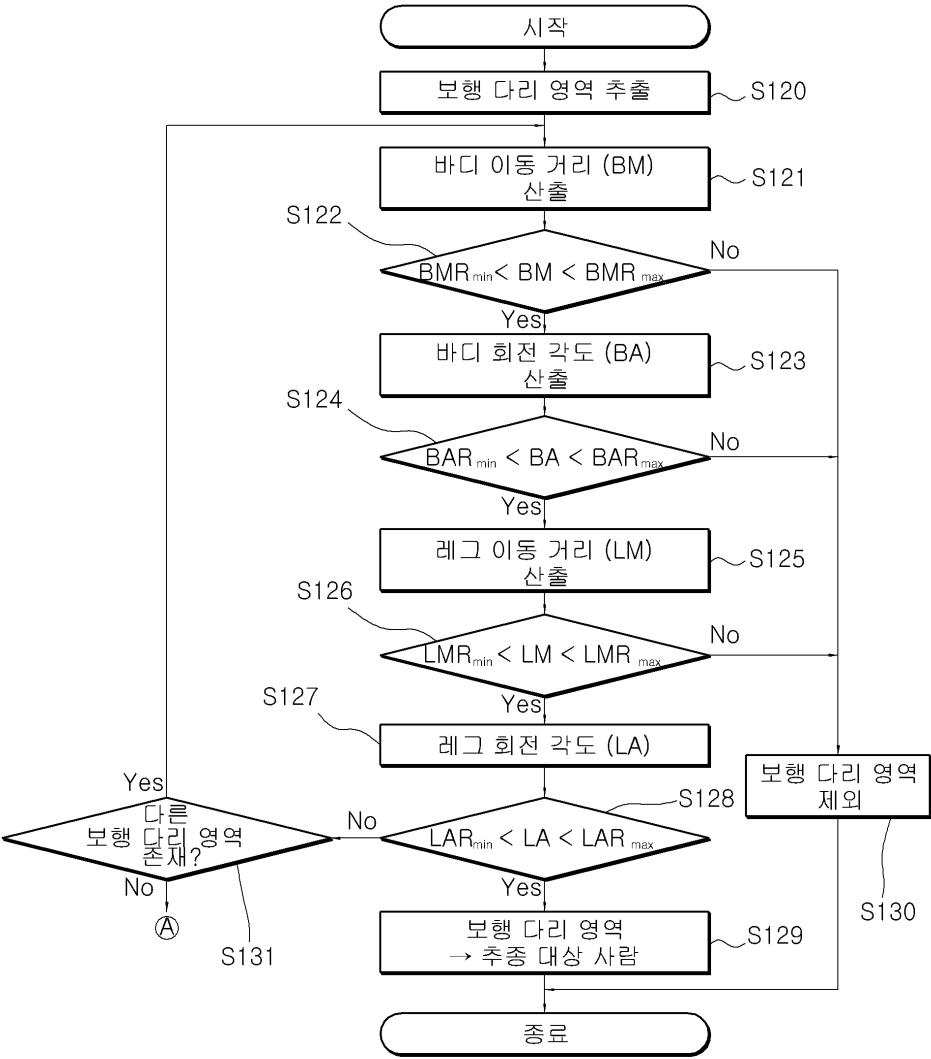
도면10



도면11



도면12



도면13

