



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0009684
(43) 공개일자 2017년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 21/20 (2006.01) G01S 17/08 (2006.01)
G01S 17/88 (2006.01) G01S 17/93 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01C 21/206 (2013.01)
G01S 17/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0162852
(22) 출원일자 2015년11월19일
심사청구일자 2015년11월19일
(30) 우선권주장
1020150100680 2015년07월15일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
도락주
서울특별시 성북구 종암로21길 127, 104동 303호 (종암동, 현대아이파크1차아파트)
이건용
서울특별시 동대문구 고산자로 534, 104동 1004호(제기동, 한신아파트)
유수현
서울특별시 성동구 왕십리로31가길 10-12, 203호 (하왕십리동)
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

전체 청구항 수 : 총 18 항

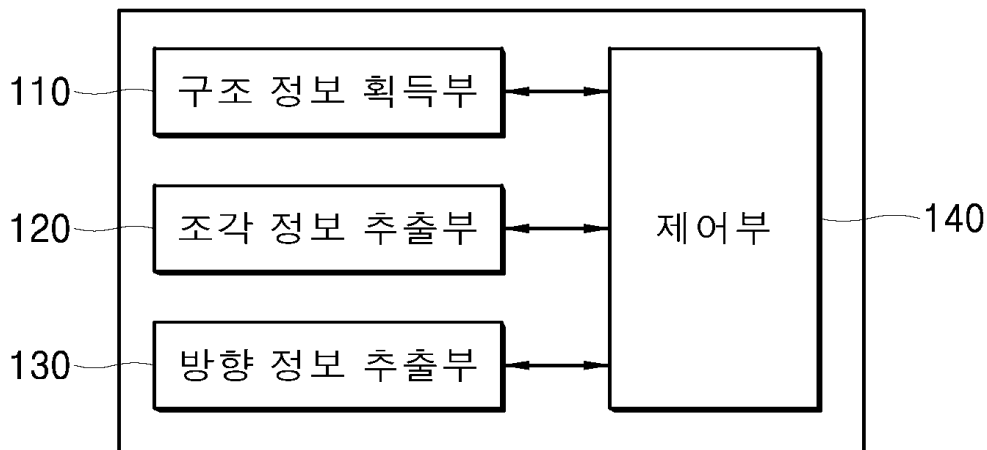
(54) 발명의 명칭 실내 구조의 방향 정보 추출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치는 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 구조 정보 획득부; 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 조각 정보 추출부; 및 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 방향 정보 추출부를 포함한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G01S 17/88 (2013.01)

G01S 17/93 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2014052754
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	(이공)중견연구자지원_핵심연구
연구과제명	[3차년도] 6자유도 이동로봇의 극지 탐사를 위한 지능형 매핑 기술 개발
기 여 율	1/2
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2014.09.01 ~ 2015.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2014052717
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	(원천)글로벌프론티어
연구과제명	동적 실내환경의 RGB-D SLAM 기반 실시간 삼차원 공간 모델링 기술
기 여 율	1/2
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2014.09.01 ~ 2015.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 구조 정보 획득부;

상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 조각 정보 추출부; 및

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 방향 정보 추출부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 구조 정보 획득부는

레이저 거리 측정기를 포함하는 거리 센서를 이용하여 상기 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 조각 정보 추출부는

상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합에 하향식(bottom-up) 구조적인 분할법(hierarchical clustering)을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 조각 정보 추출부는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 초평면(hyper-plane)의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 방향 값을 계산하고, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 길이 값 또는 면적 값을 계산하며, 상기 방향 값 및 상기 길이 값, 또는 상기 방향 값 및 상기 면적 값을 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 관한 정보로서 추출하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 방향 정보 추출부는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각의 전체 분포에 기초하여, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각이 상기 실내

구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 나타낸 서술자를 계산하고, 상기 계산된 서술자를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인지 장애물로부터 추출된 정보인지를 판단하며, 상기 판단 결과에 따라 상기 실내 구조로부터 추출된 정보를 이용하여 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하고, 상기 계산된 기저 및 공분산의 행렬값을 상기 실내 구조의 방향 정보로서 추출하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 방향 정보 추출부는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에 포함된 각 조각별 방향 값 및 길이 값 또는 방향 값 및 면적 값에 기초하여, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 직선 조각의 길이 합 또는 평면 조각의 면적 합을 구하여 상기 서술자를 계산하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 방향 정보 추출부는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 단위 임펄스 함수를 이용하여 방향과 길이 또는 방향과 면적에 관한 방정식으로 표현하고, 상기 방정식을 입력으로 하는 절단 다변수 정규 분포 필터링 및 상기 절단 다변수 정규 분포 필터링 결과의 샘플링을 통해 상기 서술자를 계산하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 방향 정보 추출부는

상기 계산된 서술자의 값 중 최대값을 사전에 설정된 파라미터 값과 비교하고, 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 작으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 장애물로부터 추출된 정보인 것으로 판단하고, 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 크거나 같으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 방향 정보 추출부는

상기 계산된 서술자의 값 중 최대값에 해당하는 서술자에 대응하는 직선 또는 평면 조각에 대한 집합을 생성하고, 상기 생성된 집합에 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation)을 적용하여 상기 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치.

청구항 10

건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계;

상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계; 및
상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 단계
를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계는

레이저 거리 측정기를 포함하는 거리 센서를 이용하여 상기 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계는

상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합에 하향식(bottom-up) 구조적인 분할법(hierarchical clustering)을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 초평면(hyper-plane)의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 방향 값을 계산하는 단계;

상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 길이 값 또는 면적 값을 계산하는 단계; 및

상기 방향 값 및 상기 길이 값, 또는 상기 방향 값 및 상기 면적 값을 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 관한 정보로서 추출하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 단계는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각의 전체 분포에 기초하여, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각이 상기 실내 구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 나타낸 서술자를 계산하는 단계;

상기 계산된 서술자를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인지 장애물로부터 추출된 정보인지를 판단하는 단계;

상기 판단 결과에 따라 상기 실내 구조로부터 추출된 정보를 이용하여 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 기저 및 공분산의 행렬값을 상기 실내 구조의 방향 정보로서 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 서술자를 계산하는 단계는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에 포함된 각 조각별 방향 값 및 길이 값 또는 방향 값 및 면적 값에 기초하여, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 직선 조각의 길이 합 또는 평면 조각의 면적 합을 구하여 상기 서술자를 계산하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 서술자를 계산하는 단계는

상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 단위 임펄스 함수를 이용하여 방향과 길이 또는 방향과 면적에 관한 방정식으로 표현하는 단계;

상기 방정식을 입력으로 하는 절단 다변수 정규 분포 필터링 및 상기 절단 다변수 정규 분포 필터링 결과의 샘플링을 통해 상기 서술자를 계산하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 판단하는 단계는

상기 계산된 서술자의 값 중 최대값을 사전에 설정된 파라미터 값과 비교하는 단계;

상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 작으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 장애물로부터 추출된 정보인 것으로 판단하는 단계; 및

상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 크거나 같으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인 것으로 판단하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계는

상기 계산된 서술자의 값 중 최대값에 해당하는 서술자에 대응하는 직선 또는 평면 조각에 대한 집합을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 집합에 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation)을 적용하여 상기 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 실내 구조의 방향 정보 추출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 건물 내 실내 구조의 공간 기하 정보로부터 방향 정보를 추출하는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 북극성은 사막에서 사람이 방향 정보를 잃지 않게 해 주는 랜드마크에 해당한다. 북극성은 다음 2가지 이유에 의해서 좋은 랜드마크로 볼 수 있다. 첫 번째는 "다른 별들과의 구분이 쉽다."는 것이고, 두 번째는 "먼 거리를 이동하는 중에 지속적으로 볼 수 있다."는 것이다.
- [0004] 일반적인 실내 구조에도 북극성과 같은 정보가 있다. 사람이 사막에서 북극성을 보고 길을 찾아 가는 것과 같이 실내 공간에서 동작하는 이동 로봇의 경우에도 실내 공간에 존재하는 방향 정보를 랜드마크로 사용하여 길을 잃지 않고 원하는 목적지까지 이동할 수 있다. 이때, 방향 정보를 랜드마크로 사용하기 위해서는 로봇이 실내 공간을 이동하는 과정에서 방향 정보를 안정적으로 추출할 필요가 있다.
- [0005] 지금까지의 연구에서는 실내 구조에서 방향 정보를 추출하기 위해 카메라와 같은 비전 센서만을 사용해 왔다. 하지만 비전 센서는 다음의 두 가지 문제로 인해 실내 구조의 방향 정보를 안정적으로 추출하는 데 한계가 있다.
- [0006] 첫 번째는 "비전 센서를 이용했을 때는 장애물에서 추출되는 방향 정보와 실내 구조에서 추출되는 방향 정보를 구분할 수가 없다."는 것이다. 비전 센서 정보에는 장애물까지의 거리 정보를 얻을 수 없고, 장애물과 센서와의 거리에 따라서 장애물의 크기가 다르게 인식되기 때문에, 장애물과 구조를 구분할 수가 없다.
- [0007] 두 번째는 "빛의 영향에 의해 실내 구조의 방향이 안정적으로 추출되기 어렵다."는 것이다. 로봇이 건물 전체를 돌아다니는 경우, 빛의 영향은 각 위치마다 다르기 때문에 같은 파라미터를 사용해서 모든 위치에서의 실내 구조 방향 정보를 안정적으로 추출하기는 어렵다.
- [0008] 이러한 이유로 빛과 동적 또는 정적인 장애물의 영향을 받지 않지 않으면서 안정적으로 실내 구조 방향을 추출하기 위해서는 비전 센서가 아닌 레이저 거리 측정기와 같은 거리 센서를 사용할 필요가 있다. 이동 로봇의 위치 인식을 위해 많이 사용되는 2차원 레이저 거리 측정 센서로는 hokuyo와 SICK이 있고, 3차원 레이저 거리 측정 센서로는 Velodyne이 있다. 또한 팬틸트 유닛(Pan-tilt unit)과 같이 모터로 동작하는 시스템에 2차원 센서를 부착하여 3차원 거리 정보를 얻을 수도 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 이렇게 얻어진 2차원 또는 3차원 포인트 집합으로부터 방향 정보를 안정적으로 추출할 수 있는 실내 구조의 방향 정보 추출 기술을 제안한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 일 실시예는 2차원 또는 3차원 거리 정보를 이용하여 직선 또는 평면 조각을 추출함으로써 건물의 실내 구조의 방향 정보를 추출할 수 있는 실내 구조의 방향 정보 추출 장치 및 방법을 제공한다.
- [0012] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치는 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거

리 정보를 획득하는 구조 정보 획득부; 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 조각 정보 추출부; 및 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 방향 정보 추출부를 포함한다.

- [0015] 상기 구조 정보 획득부는 레이저 거리 측정기를 포함하는 거리 센서를 이용하여 상기 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득할 수 있다.
- [0016] 상기 조각 정보 추출부는 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합에 하향식(bottom-up) 구조적인 분할법(hierarchical clustering)을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출할 수 있다.
- [0017] 상기 조각 정보 추출부는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 초평면(hyper-plane)의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 방향 값을 계산하고, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 길이 값 또는 면적 값을 계산하며, 상기 방향 값 및 상기 길이 값, 또는 상기 방향 값 및 상기 면적 값을 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 관한 정보로서 추출할 수 있다.
- [0018] 상기 방향 정보 추출부는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각의 전체 분포에 기초하여, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각이 상기 실내 구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 나타낸 서술자를 계산하고, 상기 계산된 서술자를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인지 장애물로부터 추출된 정보인지를 판단하며, 상기 판단 결과에 따라 상기 실내 구조로부터 추출된 정보를 이용하여 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하고, 상기 계산된 기저 및 공분산의 행렬값을 상기 실내 구조의 방향 정보로서 추출할 수 있다.
- [0019] 상기 방향 정보 추출부는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에 포함된 각 조각별 방향 값 및 길이 값 또는 방향 값 및 면적 값에 기초하여, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 직선 조각의 길이 합 또는 평면 조각의 면적 합을 구하여 상기 서술자를 계산할 수 있다.
- [0020] 상기 방향 정보 추출부는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 단위 임펄스 함수를 이용하여 방향과 길이 또는 방향과 면적에 관한 방정식으로 표현하고, 상기 방정식을 입력으로 하는 절단 다변수 정규 분포 필터링 및 상기 절단 다변수 정규 분포 필터링 결과의 샘플링을 통해 상기 서술자를 계산할 수 있다.
- [0021] 상기 방향 정보 추출부는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값을 사전에 설정된 파라미터 값과 비교하고, 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 작으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 장애물로부터 추출된 정보인 것으로 판단하고, 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 크거나 같으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인 것으로 판단할 수 있다.
- [0022] 상기 방향 정보 추출부는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값에 해당하는 서술자에 대응하는 직선 또는 평면 조각에 대한 집합을 생성하고, 상기 생성된 집합에 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation)을 적용하여 상기 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 방법은 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계; 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계; 및 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 단계를 포함한다.
- [0024] 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계는 레이저 거리 측정기를 포함하는 거리 센서를 이용하여 상기 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계는 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합에 하향식(bottom-up) 구조적인 분할법(hierarchical clustering)을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출하는 단계는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 초평면(hyper-plane)의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 방향 값을 계산하는 단계; 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 길이 값 또는 면적 값을 계산하는 단계; 및 상기 방향 값 및 상기 길이 값, 또는 상기 방향 값 및 상기 면적 값을 상기 복수의 직선 또는

평면 조각 각각에 관한 정보로서 추출하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0027] 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 단계는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각의 전체 분포에 기초하여, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각이 상기 실내 구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 나타낸 서술자를 계산하는 단계; 상기 계산된 서술자를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인지 장애물로부터 추출된 정보인지를 판단하는 단계; 상기 판단 결과에 따라 상기 실내 구조로부터 추출된 정보를 이용하여 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계; 및 상기 계산된 기저 및 공분산의 행렬값을 상기 실내 구조의 방향 정보로서 추출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 서술자를 계산하는 단계는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에 포함된 각 조각별 방향 값 및 길이 값 또는 방향 값 및 면적 값에 기초하여, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 직선 조각의 길이 합 또는 평면 조각의 면적 합을 구하여 상기 서술자를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 상기 서술자를 계산하는 단계는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 단위 임펄스 함수를 이용하여 방향과 길이 또는 방향과 면적에 관한 방정식으로 표현하는 단계; 상기 방정식을 입력으로 하는 절단 다변수 정규 분포 필터링 및 상기 절단 다변수 정규 분포 필터링 결과의 샘플링을 통해 상기 서술자를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 판단하는 단계는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값을 사전에 설정된 파라미터 값과 비교하는 단계; 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 작으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 장애물로부터 추출된 정보인 것으로 판단하는 단계; 및 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 크거나 같으면, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인 것으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0031] 상기 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값에 해당하는 서술자에 대응하는 직선 또는 평면 조각에 대한 집합을 생성하는 단계; 및 상기 생성된 집합에 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation)을 적용하여 상기 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0033] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 첨부 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 2차원 또는 3차원 거리 정보를 이용하여 직선 또는 평면 조각을 추출함으로써 건물의 실내 구조의 방향 정보를 추출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치를 설명하기 위해 도시한 블록도이다.
- 도 2는 건물의 평면도 관점에서 측정되는 2차원 실내 구조의 방향 정보를 나타낸 도면이다.
- 도 3은 건물의 3차원 관점에서 측정되는 3차원 실내 구조의 방향 정보를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 2차원 직선 조각에 대한 표기법을 보여주는 도면이다.
- 도 5는 추출된 직선/평면 조각들에 관한 정보가 3개의 필터를 통과하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- 도 6은 직선 조각의 방향 정보들에 대해 컨볼루션 연산을 수행하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- 도 7은 움직이는 사람이 많은 실내 공간에서도 실내 구조의 방향 정보가 안정적으로 추출되는 이유를 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- 도 8은 광대역 공간에서 이동하는 이동 로봇에 의해서 만들어진 지도(평면도)를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 광대역 공간에서 이동하는 이동 로봇에 의해서 만들어진 3차원 지도를 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에서는, 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합으로부터 방향 정보를 추출하기 위해서, 먼저 상기 포인트 집합으로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출한다. 여러 개의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보(방향 정보)에 대해 클러스터링을 수행하여 같은 실내 구조 방향에서 추출된 것이라고 판단되는 정보(길이 또는 면적 정보)들을 하나의 그룹으로 만든다.
- [0041] 그리고, 그 그룹에 대한 서술자(descriptor)를 계산하여 그 값을 기준으로 그 방향 정보가 실내 구조의 방향 정보인지 장애물에서 추출된 방향 정보인지를 구분(판단)한다. 이때 사용되는 서술자는 2차원의 경우는 직선 조각들의 길이 합이고, 3차원의 경우는 평면 조각들의 면적 합이다. 비전 센서 데이터와 달리 거리 센서 데이터에는 장애물의 실제 길이 또는 면적 정보가 포함되어 있고, 임의의 환경에서 얻어진 2차원 또는 3차원 포인트 집합에는 실내 구조의 정보가 장애물의 정보보다 더 많이 측정되기 때문에, 그 특성을 활용하여 장애물과 실내 구조를 구분해 낼 수 있는 것이다.
- [0042] 이로써, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 임의의 환경에서 실내 구조의 방향 정보를 안정적으로 추출할 수 있고, 이 정보를 랜드마크로 사용하여 로봇이 실내 공간에서 이동할 때 길을 잃지 않도록 도와줄 수 있다.
- [0043] 이동 로봇의 위치 변화를 계산하기 위해 간단히 사용할 수 있는 방법은 스캔 매칭(scan matching) 또는 데드 레커닝(Dead reckoning) 기법이다. 두 방법 모두 쉽게 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있지만, 오차가 지속적으로 누적된다는 단점을 가지고 있다. 이때 발생하는 위치 오차 중 로봇의 방향 오차에 기인한 위치 오차는, 본 발명에 의해 추출한 방향 정보를 랜드마크로 사용함으로써 제거할 수 있다. 즉, 로봇의 위치 오차의 대부분이 방향 오차에 기인한 경우, 간단한 위치 예측 기법과 방향 정보를 활용하여 로봇의 위치와 각도 정보를 정확히 예측해 낼 수 있다.
- [0045] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.
- [0046] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치를 설명하기 위해 도시한 블록도이다.
- [0047] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치(100)는 구조 정보 획득부(110), 조각 정보 추출부(120), 방향 정보 추출부(130), 및 제어부(140)를 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 구조 정보 획득부(110)는 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득한다. 이를 위해, 상기 구조 정보 획득부(110)는 레이저 거리 측정기 등과 같은 거리 센서를 이용하여 상기 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 일 실시예에서 추출하고자 하는 실내 구조의 방향 정보는 두 가지 관점으로 설명될 수 있다. 첫 번째는 도 2와 같이 건물의 평면도 관점에서 측정되는 2차원 실내 구조의 방향 정보이고, 두 번째는 도 3과 같이 건물의 3차원 관점에서 측정되는 3차원 실내 구조의 방향 정보이다. 만약 상기 거리 센서로 측정된 데이터(2차원 또는 3차원 거리 정보)가 건물의 평면도 관점에서 얻어진 2차원 포인트 집합이라면 도 2에서와 같은 실내 구조의 방향 정보가 추출될 수 있고, 그 데이터가 3차원 포인트 집합이라면 도 3에서와 같은 실내 구조의 방향 정보가 추출될 수 있다.
- [0050] 상기 2차원/3차원 실내 구조의 방향 정보는
$$\vec{p} = \vec{p}^* + \vec{n}_1 + \vec{n}_2 + \vec{n}_3$$
 와 같은 확률 모델을 이용해서 표현

할 수 있다. $\vec{p}$ 는 본 발명을 통해 추출되는 실내 구조의 방향 정보이고, $\vec{p}^*$ 는 실제 실내 구조의 방향 정보이며, $\vec{n}_1$ 은 건물 시공 과정에서 발생할 수 있는 노이즈, $\vec{n}_2$ 는 건물 시공 이후 추가된 내부

인테리어에 의해 발생할 수 있는 노이즈, $\vec{n}_3$ 는 거리 센서에 의해 발생할 수 있는 노이즈를 의미한다. 그리고 각각의 노이즈는 다변수 정규 분포를 갖는 것으로 가정하면, 그 노이즈의 합 역시 다변수 정규 분포를 갖게 된다. 즉, 실내 구조의 방향 정보는 거리 센서를 이용한 관찰값(observation)을 이용하여 다변수 정규 분포를 갖는 확률 벡터의 평균을 예측하는 문제로 설명이 된다. 실내 구조의 방향 정보는 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에서 추출이 가능하므로, 상기 관찰값은 거리 센서에 의해 얻어진 포인트 집합으로부터 추출한 직선/평면 조각에 관한 정보가 된다. 상기 포인트 집합(2차원/3차원 거리 정보)으로부터 복수의 직선/평면 조각에 관한 정보를 추출하는 과정은 다음과 같다.

[0051] 상기 조각 정보 추출부(120)는 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출한다. 이를 위해, 상기 조각 정보 추출부(120)는 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로 이루어지는 포인트 집합에 하향식(bottom-up) 구조적인 분할법(hierarchical clustering)을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출할 수 있다.

[0052] 예를 들어, 상기 구조 정보 획득부(110)에 의해 획득된 데이터(2차원/3차원 거리 정보)는 총 M(M은 2이상의 자연수)개의 포인트 집합으로 구성될 수 있으며, 2차원 거리 정보의 경우 (x, y)로 표현되고 3차원 거리 정보의 경우 (x, y, z)로 표현될 수 있다. 상기 조각 정보 추출부(120)는 M개의 포인트 집합에 대해 하향식 구조적인 분할법을 적용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출할 수 있다.

[0053] 보다 구체적으로, 상기 조각 정보 추출부(120)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 초평면(hyperplane)의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 방향 값을 계산하고, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 대한 길이 값 또는 면적 값을 계산하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각에 관한 정보를 추출할 수 있다.

[0054] 여기서, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보는 n차원 공간에 존재하는 (n-1)차원의 초평면(hyperplane)이라고 일반화시켜서 설명할 수 있다. 그리고 각 정보는 초평면의 수직 보수(orthogonal complement)를 이용해서 표현 가능하다. 이 수직 보수는 직선 또는 평면에 의해 만들어지는 방향 정보에 대한 수학적 표현이

다. 그리고 이 방향 정보는 차원이 1이기 때문에 1개의 기저(basis) $\vec{a}$ 로 정의될 수 있다. n은 2 또는 3의 값을 갖는 차원 정보를 의미한다. 그리고 각 직선/평면 조각에 관한 길이/면적 정보는 $\vec{a}$ 로 정의될 수 있다. ^2w_i 는 i번째 직선 조각의 길이(length) 정보를 의미하고, ^3w_i 는 i번째 평면 조각의 면적(area) 정보를 의미한다.

[0055] 참고로, 도 4는 2차원 직선 조각에 대한 표기법을 보여준다. 본 실시예에서는 상기 조각 정보 추출부(120)에서 총 K(K는 2이상의 자연수)개의 조각 정보가 추출되었다고 가정하고, 그 조각 정보를 집합 $S = \{seg_1, \dots, seg_K\} = \{\{\vec{a}_1, ^2w_1\}, \dots, \{\vec{a}_K, ^2w_K\}\}$ 의 형태로 관리할 수 있다. 집합 S의 원소 seg는 각 직선/평면 조각의 방향 정보와 길이/면적 정보로 구성될 수 있다.

[0056] 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출한다.

[0057] 구체적으로, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각의 전체 분포에 기초하여, 상기 복수의 직선 또는 평면 조각 각각이 상기 실내 구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 나타낸 서술자(descriptor)를 계산할 수 있다.

[0058] 이때, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보에 포함된 각 조각별 방향

값 및 길이 값 또는 방향 값 및 면적 값에 기초하여, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 직선 조각의 길이 합 또는 평면 조각의 면적 합을 구하여 상기 서술자를 계산할 수 있다.

[0059] 또는, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 단위 임펄스 함수를 이용하여 방향과 길이 또는 방향과 면적에 관한 방정식으로 표현하고, 상기 방정식을 입력으로 하는 절단 다변수 정규 분포 필터링 및 상기 절단 다변수 정규 분포 필터링 결과의 샘플링을 통해 상기 서술자를 계산할 수 있다.

[0060] 이와 같이, 조각들에 대한 서술자를 계산하는 과정에서는 조각들의 전체 분포를 고려하여 추출된 각 조각들이 구조에서 추출되었을 가능성을 값(서술자)으로 표현한다. 이 과정은 도 5에 도시된 바와 같이, 추출된 직선/평면 조각들에 관한 정보가 3개의 필터를 통과하는 것으로 설명될 수 있다.

[0061] 도 5를 참조하면, 먼저 필터의 입력에 해당되는 K개의 조각 정보를 단위 임펄스 함수(unit impulse function)를 사용하여 다음의 수학적 식 1과 같이 표현하며, n이 2인 2차원인 경우 도 6의 (a)와 같이 표현한다.

[0062] [수학적 식 1]

$$W(\vec{nX}) = \sum_{i=1}^K w_i \delta(\vec{nX} - (\pm \vec{n a_i})),$$

$$\|\vec{n a_i}\| = 1, \forall i \in \{1, \dots, K\}, n \in \{2, 3\}$$

[0063]

[0064] 1차원 공간에 대한 기저인 $\vec{n a_i}$ 는 사용자가 임의로 선택할 수 있지만, 수학적 식 1의 형태를 통일하기 위해 그 크기를 1로 제한하고 $+\vec{n a_i}$, $-\vec{n a_i}$ 인 경우를 모두 수학적 식 1에 표현한다. 그리고 위의 수학적 식 1에서 사용되는 각각의 변수는 차원(n)에 따라서 다음의 수학적 식 2와 같이 표기된다.

[0065] [수학적 식 2]

$$\vec{{}^2X} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \vec{{}^3X} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}, \vec{{}^2a_i} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}, \vec{{}^3a_i} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix}$$

[0066]

[0067] K개의 조각 정보인 $W(\vec{nX})$ 는 임펄스 응답(impulse response)이 절단 다변수 정규 분포(Truncated

Multivariate Normal Distribution)인 첫 번째 필터를 통과한다. 임펄스 응답 $h(\vec{nX})$ 는 다음의 수학적 식 3과 같이 표현되며, n이 2인 2차원의 경우 도 6의 (b)와 같이 표현된다.

[0068] [수학식 3]

$$h(\vec{nX}) = \begin{cases} \frac{f(\vec{nX})}{\int_{\|\vec{nX}\|^2 \leq r^2} f(\vec{nX}) d\vec{nX}} & \|\vec{nX}\|^2 \leq r^2 \\ 0 & otherwise \end{cases}$$

[0069]

[0070] 위 수학식 3에서 사용된 다변수 정규 분포(Multivariate Normal Distribution) $f(\vec{nX})$ 은 다음의 수학식 4와 같이 표현된다.

[0071] [수학식 4]

$$f(\vec{nX}) = \frac{\exp\left\{-\frac{1}{2} \vec{nX}^T \mathbf{C}^{-1} \vec{nX}\right\}}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\mathbf{C}|^{\frac{1}{2}}}$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \sigma^2 \end{bmatrix} : n \times n \text{ matrix}$$

[0072]

[0073] 공분산 행렬(covariance matrix) 내의 분산(σ^2) 값은 사용자가 결정하는 파라미터로서, 그 값이 작으면 다변수 정규 분포의 평균값 근처에 존재하는 임펄스 응답에 대한 가중치가 커지고, 그 값이 크면 범위 내에 존재하는 모든 임펄스 응답에 대해 비슷한 가중치를 적용하게 된다. 그리고 절단 다변수 정규 분포에서 확률값을 갖는 범위를 결정하는 변수 r은 다음의 수학식 5와 같이 정의되며, n이 2인 2차원의 경우 도 6의 (c)와 같이 표현된다.

[0074] [수학식 5]

$$r = \sqrt{2 - 2\cos(\beta)}$$

[0075]

[0076] 위 수학식 5에서 사용된 파라미터 β (rad)는 두 방향에 대한 각도차의 최대값으로서 그 각도차가 β 보다 작은 경우 두 방향 정보를 같은 그룹으로 간주한다. 두 방향 정보의 각도차 θ 는 다음의 수학식 6과 같이 정의된다.

[0077] [수학식 6]

$$\theta_{ik} = \cos^{-1}\left(\frac{|\vec{a_i} \cdot \vec{a_k}|}{|\vec{a_i}| |\vec{a_k}|}\right), \quad \theta_{ik} \in [0^\circ, 90^\circ]$$

[0078]

$$h(\vec{nX})$$

[0079] 으로 표현되는 첫 번째 필터를 통과하는 과정은 컨볼루션(convolution) 연산(*)으로 표현이 되고,

그 출력값 $W'(\vec{nX})$ 은 다음의 수학식 7과 같다.

[0080] [수학식 7]

$$W'(\vec{nX}) = \frac{1}{D} (W * h)(\vec{nX})$$

[0081]

[0082] 이때 위 수학식 7에서 사용된 D는 $\vec{nX}$ 가 영벡터(zero vector)일 때의 $h(\vec{nX})$ 값, 즉 $h(\vec{nX})$ 의

최대값을 의미한다. $h(\vec{nX})$ 의 최대값은 σ 에 따라서 달라지고, 그에 따라 구조와 장애물을 구분하는 과

정에서 사용하는 파라미터의 값이 달라져야 하기 때문에, 파라미터 설정의 편의를 위해 $h(\vec{nX})$ 에 1/D을 곱해줌으로써 최대값을 1로 통일한다.

[0083] 두 번째 필터는 첫 번째 필터의 결과인 연속 함수(continuous function)에서, 추출된 길이/면적의 조각에 관한 정보에 대응하는 값만 추출하는 샘플러(sampler)의 역할을 한다. 이 과정은 첫 번째 필터의 결과에 연속적인

단위 임펄스 함수 $\sum_{i=1}^K \delta(\vec{nX} - \vec{n a_i})$ 를 곱하는 형태로 표현될 수 있다. 두 번째 필터를 통과한 결과

$W_{des}(\vec{nX})$ 는 다음의 수학식 8과 같다.

[0084] [수학식 8]

$$W_{des}(\vec{nX}) = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^K \{ (W * h)(\vec{n a_i}) \cdot \delta(\vec{nX} - \vec{n a_i}) \}$$

[0085]

[0086] $W_{des}(\vec{nX})$ 함수의 입력값에 상기 추출된 길이/면적의 조각에 관한 정보 각각을 넣어서 나온 출력값 $W_{des}(\vec{n a_i})$ 가 곧 $\vec{n a_i}$ 에 대응하는 서술자(descriptor)가 된다. 이 서술자는 추출된 각 길이/면적의 조각들에 관한 정보가 건물의 실내 구조에서 추출되었을 가능성을 값으로 표현한 것이다.

[0087] 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 계산된 서술자를 이용하여 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인지 장애물로부터 추출된 정보인지를 판단할 수 있다. 이때, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값을 사전에 설정된 파라미터 값과 비교할 수 있다.

[0088] 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 작으면, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보가 상기 장애물로부터 추출된 정보인 것으로 판단할 수 있다. 반면에, 상기 비교 결과 상기 최대값이 상기 파라미터 값보다 크거나 같으면, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 복수의 직선 또

는 평면 조각에 관한 정보가 상기 실내 구조로부터 추출된 정보인 것으로 판단할 수 있다.

[0089] 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 판단 결과에 따라 상기 실내 구조로부터 추출된 정보를 이용하여 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산하고, 상기 계산된 기저 및 공분산의 행렬값을 상기 실내 구조의 방향 정보로서 추출할 수 있다.

[0090] 이를 위해, 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 계산된 서술자의 값 중 최대값에 해당하는 서술자에 대응하는 직선 또는 평면 조각에 대한 집합을 생성할 수 있다. 상기 방향 정보 추출부(130)는 상기 생성된 집합에 최대우도추정법(Maximum likelihood estimation)을 적용하여 상기 실내 구조 방향의 수직 보수의 기저 및 상기 기저의 공분산을 계산할 수 있다.

[0091] 상기 방향 정보 추출부(130)에 의해 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 과정에 대해 수학적 및 도 7을 참조하여 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0092] 상기 과정을 통해 계산된 서술자(descriptor) 정보를 이용해서 실내 구조에 관한 정보가 존재하는지를

판단한다. 먼저 $w_{\max} = \max (W_{des}({}^n\vec{X}))$ 을 이용해서 함수에서 가장 큰 서술자 값 $w_{\max}$ 를 찾는다. 만약 그 값이 사전 설정 파라미터인 $r(m$ 또는 $m^2)$ 보다 작으면 K개의 조각은 실내 구조가 아닌 장애물의 정보에서 추출되었다고 판단하고 알고리즘을 종료한다. 만약 그렇지 않으면 실내 구조에서 추출된 정보가 존재한다고 판단하고 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 과정으로 넘어가게 된다. 즉, 같은 방향을 갖는 실내 구조에서 추출된 것으로 판단된 조각들의 길이 합 또는 면적 합이 r 보다 크면 그 방향 정보는 실내 구조로부터 추출되었다고 판단하는 것이다.

[0093] 이 과정에서는 분류된 조각 정보들로부터 실내 구조 방향의 수직 보수의 임의의 기저(${}^n\vec{p}$)와 그 기저의 공분산(${}^n\Sigma$)을 계산한다. 먼저 하기의 수학적 식 8을 이용해서 $w_{\max}$ 값을 갖는 각도값의 인덱스 z 를 추출한다.

[0094] [수학적 식 8]

$$z = \operatorname{argmax}_i (W_{des}({}^n\vec{a}_i)), i = \{1, \dots, K\}$$

[0095]

[0096] 그 다음으로 ${}^n\vec{a}_z$ 에 대응하는 집합 S_z 를 다음의 수학적 식 9와 같이 만든다.

[0097] [수학적 식 9]

$$S_z = \{seg_i | \theta_{zi} \leq \beta, i \subseteq \{1, 2, \dots, K\}\}$$

[0098]

[0099] 이 집합은 ${}^n\vec{a}_z$ 에 대응하는 방향 정보와의 각도차가 β (rad) 이내에 있는 방향 정보들을 포함한다. 즉, $w_{\max}$ 를 만드는 데 사용된 조각 정보들을 포함하게 된다. 집합 S_z 의 정보에 대해 최대우도추정법(Maximum

likelihood estimation)을 적용하여 ${}^n\vec{p}$ 과 그 공분산(${}^n\Sigma$)을 추정한다. 이때, 각 조각의 방향 정보(${}^n\vec{a}_i$)에는 그 조각의 길이 또는 면적 정보(${}^nw_i$)가 가중치(weight)로 사용이 된다. 최대우도추정법에

의해 추정하고자 하는 파라미터는 다음의 수학적 식 10과 같이 표현된다.

[수학적 식 10]

$$\vec{p}, {}^n\Sigma = \underset{{}^n\vec{p}, {}^n\Sigma}{\operatorname{argmax}} \left[P(\vec{a}_1, \dots, \vec{a}_Q, w_1, \dots, w_Q | \vec{p}, {}^n\Sigma) \right].$$

(Q: s_z 에 있는 원소의 개수)

실내 구조의 방향 정보에 대응하는 $\vec{p}_n$ 가 다변수 정규 분포(multivariate normal distribution)를 갖는다고 가정했을 때, 실내 구조의 방향과 그 공분산 행렬값은 다음의 수학적 식 11과 같이 정리된다.

[수학적 식 11]

$$\vec{p} = \frac{\sum_{i=1}^Q w_i \vec{a}_i}{V_1},$$

$${}^n\Sigma = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^Q w_i (\vec{a}_i - \vec{p})(\vec{a}_i - \vec{p})^T}{V_1(1 - \frac{V_2}{V_1^2})}, & \text{where } Q > 1 \\ 2.22 \times 10^{-16} \times I_n, & \text{where } Q = 1 \end{cases}$$

where $V_1 = \sum_{i=1}^Q w_i$, $V_2 = \sum_{i=1}^Q w_i^2$

Q가 1인 경우는 추출된 실내 구조의 방향 정보에 불확실도가 없음을 의미하므로, 공분산 행렬의 각 성분을 매트랩(Matlab) 프로그램에서 사용하는 부동 소수점(Floating Point) 상대 정확도(Relative Accuracy)를 의미하는 eps값으로 설정한다. I_n 은 $n \times n$ 단위 행렬(Identity matrix)을 의미한다.

위 수학적 식 11에 의해 계산된 방향 벡터와 공분산 행렬이 곧 실내 구조의 방향 정보에 해당한다. 최대우도추정법의 결과는 조각의 길이/면적 정보를 가중치로 사용하는 가중 평균(weighted mean)과 그 평균의 공분산 행렬과 동일하다. 그 다음으로 집합 연산 $S=S-S_z$ 를 통해 전체 집합 S에서 S_z 정보를 제거한다. 그리고 갱신된 집합 S에 대해 조각들에 대한 서술자를 계산하는 과정을 처음부터 다시 수행한다. 이 과정은 집합 S의 원소에 실내 구조의 방향 정보가 없다고 판단될 때까지 반복된다.

상기 실내 구조의 방향 정보 추출 알고리즘이 복잡한 환경에서도 강인하게 동작하는 이유는, 조각의 길이 또는 면적 정보를 사용해서 실내 구조에서 추출된 방향 정보와 장애물에서 추출된 방향 정보를 구분할 수 있기 때문이다. 도 7은 이러한 근거를 2차원의 경우를 가정하여 설명한다. 도 7의 (a)와 같이 동적이고 복잡한 환경에서 얻어진 2차원 포인트 집합은 도 7의 (b)와 같이 분포가 된다. 상기 과정에서 얻어진 이차원 포인트 집합에 대해 직선 조각 추출 과정을 적용한 후, 그 직선 조각들을 도 7의 (c)와 같이 수직 보수의 기저를 기준으로 그 래프에 표시할 수 있다. 그리고 도 7의 (d)와 같이 인접한 직선 조각들의 길이 합을 통해서 실내 벽면 구조에서 추출된 방향과 장애물에서 추출된 방향을 구분할 수 있게 된다.

상기 제어부(140)는 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 장치(100), 즉 상기 구조 정보 획득부(110), 상기 조각 정보 추출부(120), 상기 방향 정보 추출부(130) 등의 동작을 전반적으로 제어할 수 있다.

- [0110] [실시예]
- [0111] 본 실시예에서는 다양한 환경에서 본 발명에 따른 실내 구조의 방향 정보를 추출하는 과정이 안정적으로 동작함을 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 알고리즘을 이용해서 증명한다. SLAM 알고리즘은 로봇이 이동하면서 주위 환경의 지도를 만들고 동시에 자신의 위치를 예측할 때 사용된다. SLAM 알고리즘은 주위 환경에서 추출한 랜드마크의 정확도에 따라 그 성능이 결정된다. 만약 구조의 방향 정보를 랜드마크로 사용해서 SLAM 알고리즘의 정확도가 유지되었다면, 이것은 다양한 위치에서 측정된 센서 데이터로부터 구조의 방향 정보가 정확하게 추출되었음을 의미하게 된다. 따라서 본 발명의 성능을 검증하기 위해 실내 구조의 방향 정보를 랜드마크로 사용하는 SLAM 알고리즘의 결과를 보인다.
- [0112] 2차원의 경우는 일산 KINTEX 전시장 1층에서, 3차원의 경우는 고려대학교 창의관 2층, 3층, 4층에서 실험이 이루어졌다. 도 8과 도 9는 각각 2차원, 3차원의 경우에 대한 SLAM 결과를 보여준다. 도 8의 (a)와 도 9의 (a)는 실제 환경을, 도 8의 (b)와 도 9의 (b), (c), (d)는 SLAM 알고리즘을 통해 만들어진 결과를 의미한다. 도 8 및 도 9에서 확인할 수 있듯이, SLAM 알고리즘의 결과가 정확하였고, 이를 통해 건물 내부의 다양한 위치에서 실내 구조의 방향 정보가 정확하게 추출되었음을 확인할 수 있었다.
- [0114] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 실내 구조의 방향 정보 추출 방법을 설명하기 위해 도시한 흐름도이다. 상기 방향 정보 추출 방법은 도 1의 실내 구조의 방향 정보 추출 장치(100)에 의해 수행될 수 있다.
- [0115] 도 10을 참조하면, 단계(1010)에서 상기 실내 구조의 방향 정보 추출 장치는 건물의 실내 구조에 대한 2차원 또는 3차원 거리 정보를 획득한다.
- [0116] 다음으로, 단계(1020)에서 상기 실내 구조의 방향 정보 추출 장치는 상기 2차원 또는 3차원 거리 정보로부터 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 추출한다.
- [0117] 다음으로, 단계(10130)에서 상기 실내 구조의 방향 정보 추출 장치는 상기 복수의 직선 또는 평면 조각에 관한 정보를 이용하여 상기 실내 구조의 방향 정보를 추출한다.
- [0119] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터로 구현되는 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령을 포함하는 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함한다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 로컬 데이터 파일, 로컬 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체는 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크와 같은 자기-광 매체, 및 롬, 램, 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0121] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허 청구의 범위뿐만 아니라 이 특허 청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.
- [0122] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명 사상은 아래에 기재된 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

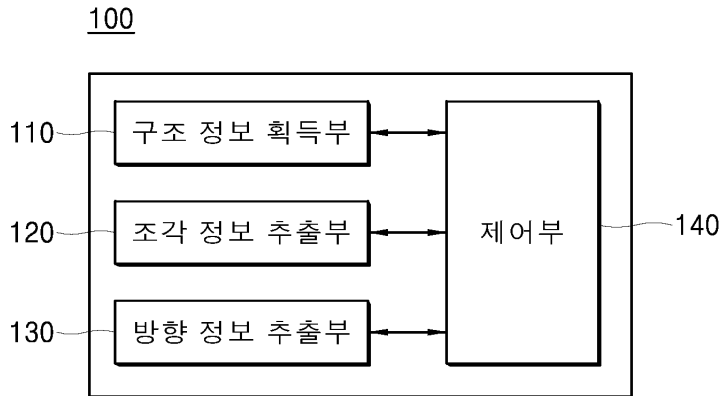
- [0124] 110: 구조 정보 획득부
120: 조각 정보 추출부

130: 방향 정보 추출부

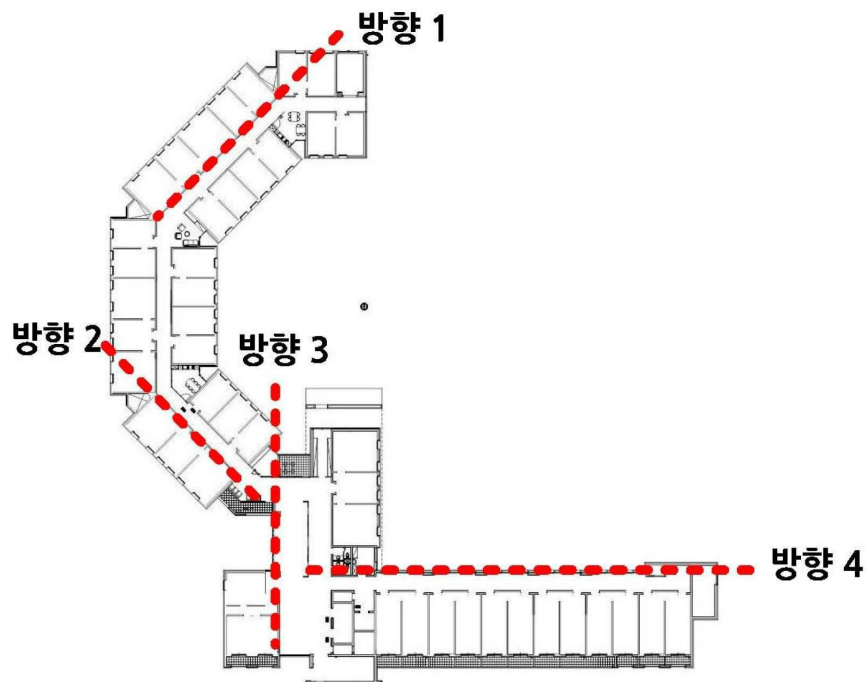
140: 제어부

도면

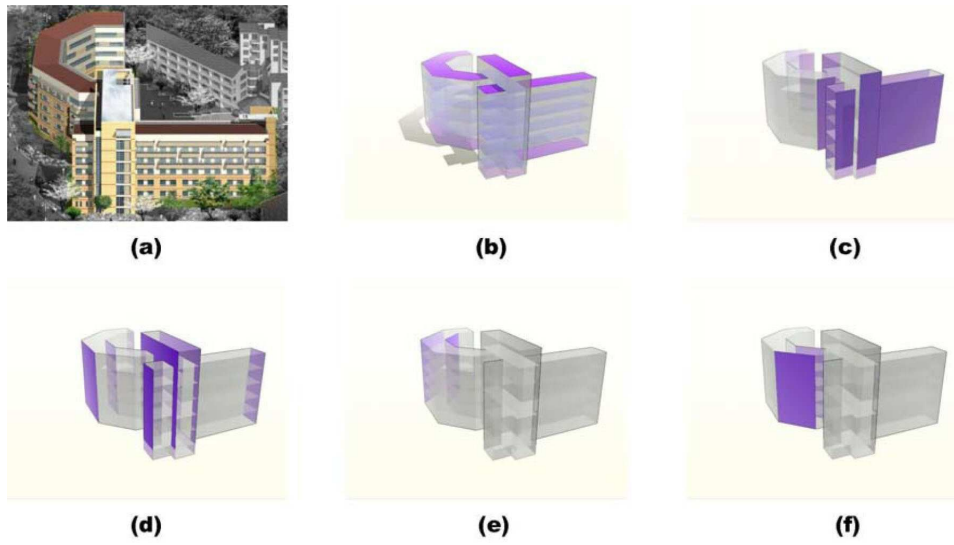
도면1



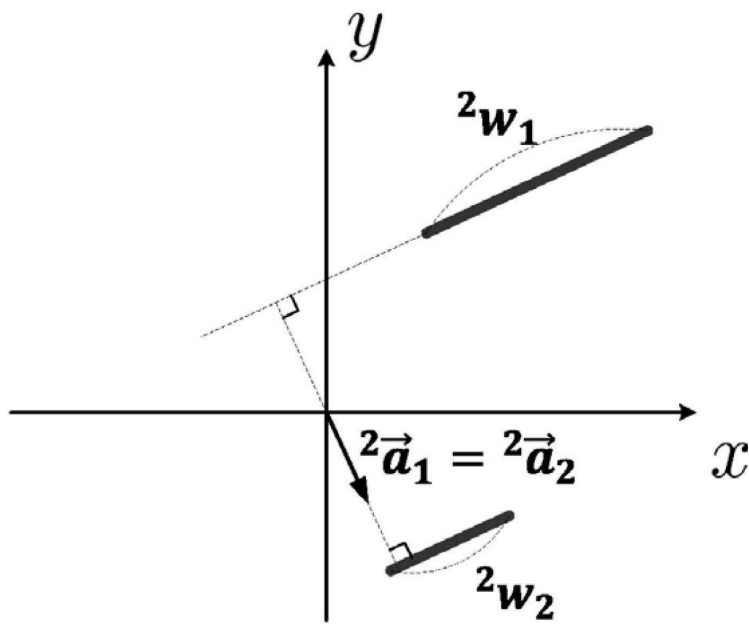
도면2



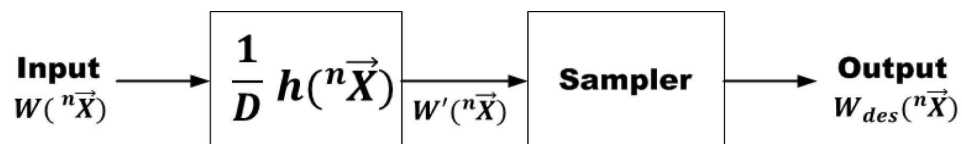
도면3



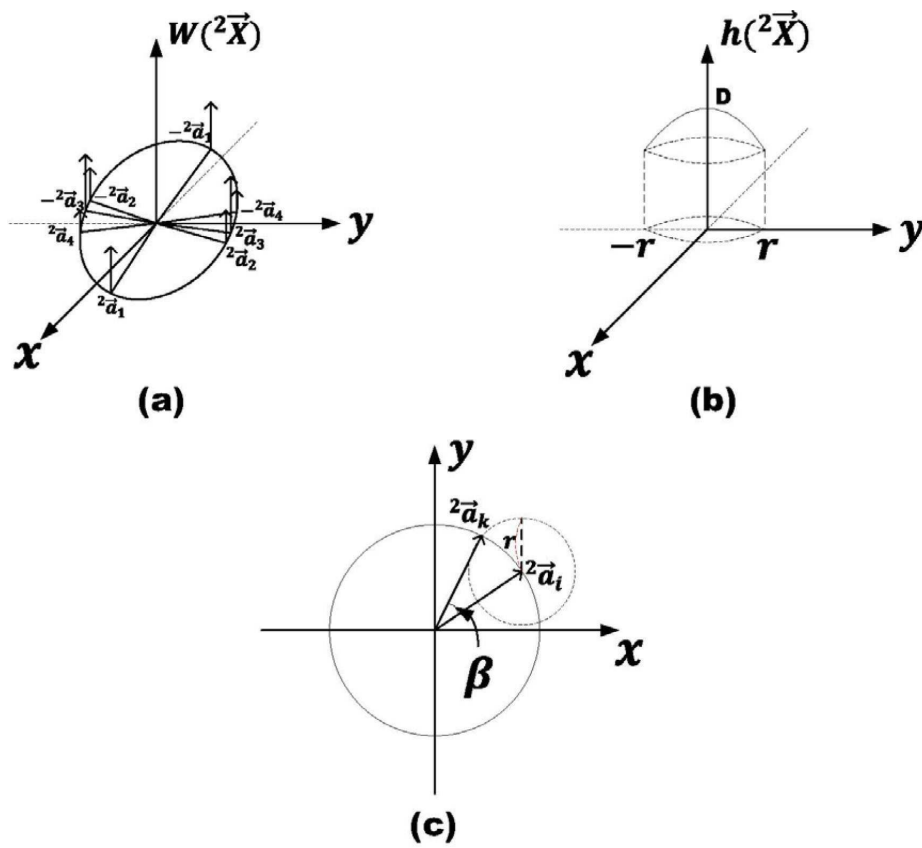
도면4



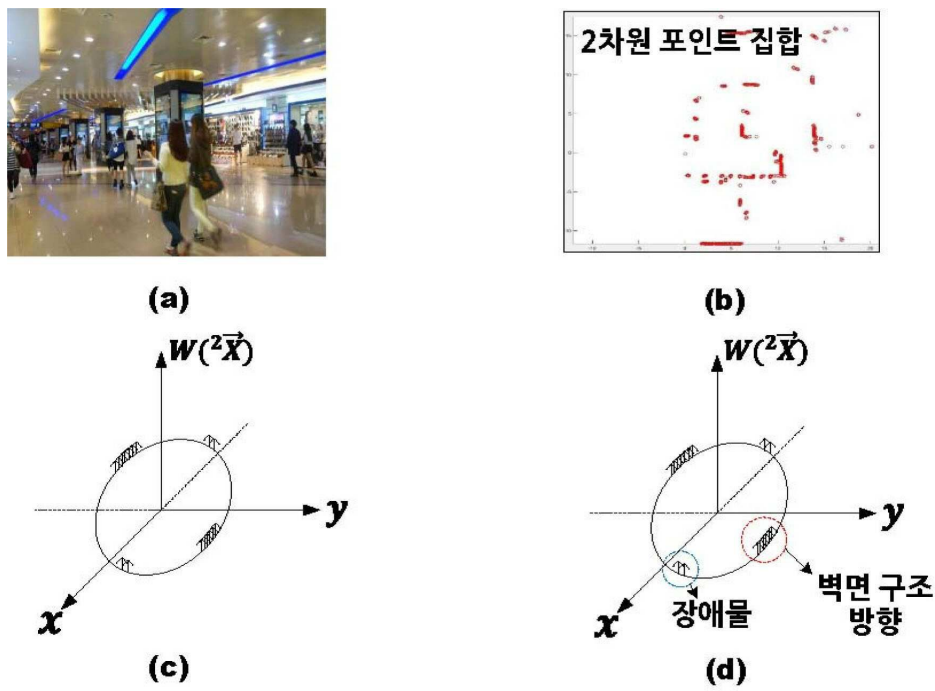
도면5



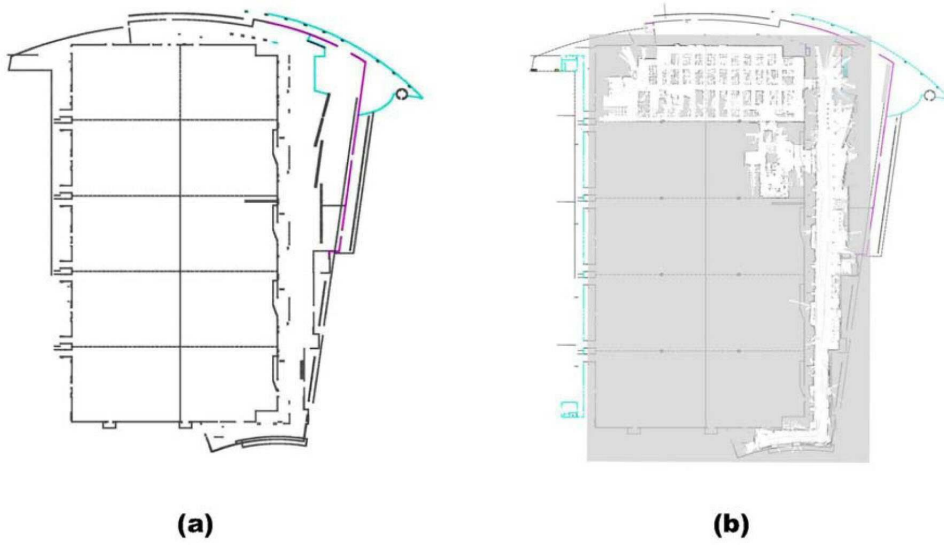
도면6



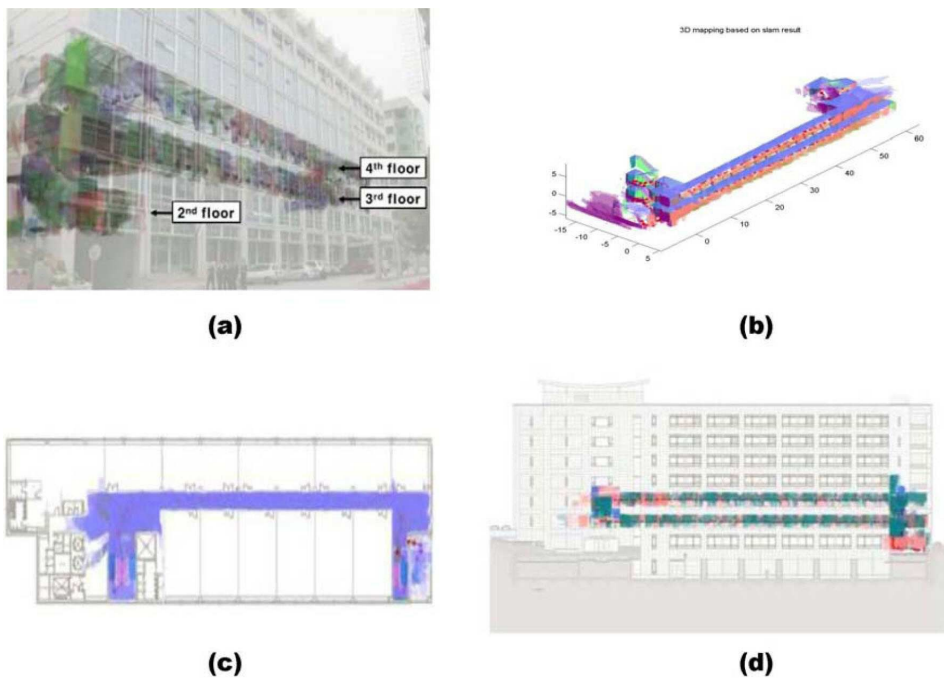
도면7



도면8



도면9



도면10

