(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0048817
(43) 공개일자 2024년04월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/70 (2017.01) *G01B 11/25* (2006.01)
G06F 17/10 (2006.01) *G06T 7/11* (2017.01)
G06V 20/64 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/70 (2017.01)
G01B 11/2518 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0128592
(22) 출원일자 2022년10월07일
심사청구일자 2022년10월07일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
남창주
인천광역시 연수구 송도국제대로 261, 215동 201호 (송도동, 송도 더샵 센트럴시티)
안지호
경기도 성남시 분당구 정자로 143, 208동 2102호 (정자동, 한솔마을LG아파트)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

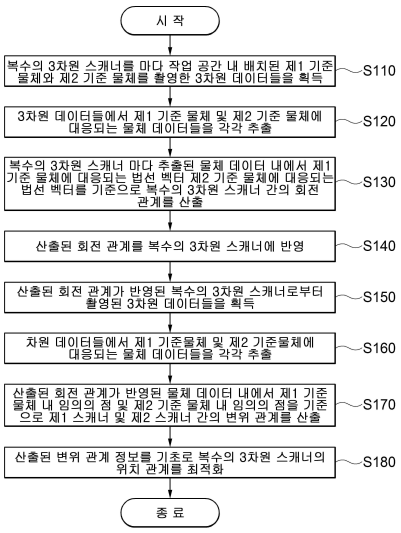
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **3차원 데이터를 이용한 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계 최적화 방법, 시스템 및 프로그램**

(57) 요 약

본 발명은 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화 방법으로, 복수의 3차원 스캐너들 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들에서 제1 기준 물체, 상기 제2 기준 물체 및 상기 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출하는 단계, 복수의 3차원 스캐너 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계를 산출하는 단계, 산출된 회전 관계가 반영된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기준으로 복수의 3차원 스캐너 간의 변위 관계를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06F 17/10 (2013.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06V 20/64 (2023.08)
G06T 2207/10008 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화 방법으로써,

상기 복수의 3차원 스캐너들 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들에서 상기 제1 기준 물체, 상기 제2 기준 물체 및 상기 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출하는 단계;

상기 복수의 3차원 스캐너 마다 추출된 물체 데이터 내에서 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 상기 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계를 산출하는 단계;

산출된 회전 관계가 반영된 물체 데이터 내에서 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기준으로 상기 복수의 3차원 스캐너 간의 변위 관계를 산출하는 단계;를 포함하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

산출된 변위 관계 정보를 기초로 상기 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 위치 최적화 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 3차원 스캐너에는 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너가 포함되며, 상기 제1 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고,

상기 제2 스캐너는 상기 제3 스캐너와 상기 작업 공간의 바닥면이 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하는 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 회전 관계 정보를 산출하는 단계는

상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 회전 관계를 산출하는 것을 특징으로 위치 관계 최적화 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 회전 관계를 산출하는 단계는

하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너의 간의 회전 관계들을 산출하고,

[수학식]

$$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{21}\vec{n}_{12})$$

$$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{21}\vec{n}_{22})$$

$$cost_3 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{31}\vec{n}_{13})$$

$$cost_4 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{31}\vec{n}_{23})$$

$$cost_5 = 1 - (R_{31}\vec{n}_{33} \cdot R_{21}\vec{n}_{32})$$

상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$는 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{11}$은 제1 스캐너 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{21}$는 제1 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{32}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$는 제3 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값인 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 변위 관계를 산출하는 단계는

상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 상기 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 변위 관계를 산출하는 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 변위 관계를 산출하는 단계는

하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너의 간의 변위 관계들을 산출하고,

[수학식]

$$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

$$\vec{V}_{pm} = \left[\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}\right]^T$$

$$cost_1 = U_{121}$$

$$cost_2 = U_{221}$$

$$cost_3 = U_{131}$$

$$cost_4 = U_{231}$$

$$cost_5 = U_{332}$$

상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$ 는 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$ 는 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나, U_{121}는 상기 제1 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{221} 는 상기 제1 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{131} 는 상기 제1 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{231}는 상기 제1 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{332} 는 상기 제2 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리인 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 3차원 스캐너에는 제1 스캐너, 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너가 포함되며, 상기 제1 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고,

상기 제2 스캐너는 상기 제3 스캐너와 상기 작업 공간의 바닥면이 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하며,

상기 제4 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하되, 상기 제1 스캐너와 관측 시야의 중첩 영역이 존재하지 않는 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 회전 관계 정보를 산출하는 단계는

상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출하고,

상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 기초로 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전관계 및 상기 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출하는 것을 특징으로 위치 관계 최적화 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 회전 관계를 산출하는 단계는

하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너, 상기 제3 스캐너 및 상기 제4 스캐너의 간의 회전 관계들을 산출하고,

[수학식]

$$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{24}\vec{n}_{12})$$

$$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{24}\vec{n}_{22})$$

$$cost_3 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{34}\vec{n}_{13})$$

$cost_4 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{34}\vec{n}_{23})$

$cost_5 = 1 - (R_{34}\vec{n}_{33} \cdot R_{24}\vec{n}_{32})$

$cost_6 = \|R_{21}R_{24}R_{41}^T - I\|^2$

$cost_7 = \|R_{31}R_{34}R_{41}^T - I\|^2$

상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$는 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{14}$은 제4 스캐너 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{24}$는 제4 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{34}$는 제4 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$는 제3 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{24}는 제4 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{34}는 제4 스캐너를 기준으로 제3 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{41}는 제1 스캐너를 기준으로 제4 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값인 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 변위 관계를 산출하는 단계는

상기 제2 스캐너, 제3 스캐너, 제4 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 상기 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출하고,

상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 기초로 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계 및 상기 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출하는 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 변위 관계를 산출하는 단계는

하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너, 상기 제3 스캐너 및 상기 제4 스캐너 간의 변위 관계들을 산출하고,

[수학식]

$$U_{pmn} = \frac{|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

$\vec{V}_{pm} = [\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}]^T$

$cost_1 = U_{124}$

$cost_2 = U_{224}$

$cost_3 = U_{134}$

$cost_4 = U_{234}$

$cost_5 = U_{332}$

$cost_6 = \|\vec{t}_{42} + \vec{t}_{21} - \vec{t}_{41}\|^2$

$cost_7 = \|\vec{t}_{43} + \vec{t}_{31} - \vec{t}_{41}\|^2$

상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$ 는 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$ 는 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나, U_{124}는 상기 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{224} 는 상기 제4 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{134} 는 상기 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{234}는 상기 제4 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{332} 는 상기 제2 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, $\vec{t}_{42}$ 는 제2 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{21}$ 는 제1 스캐너 기준으로 제2 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{43}$는 제3 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{31}$ 는 제1 스캐너 기준으로 제3 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{41}$ 는 제1 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값인 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제1 기준 물체 및 상기 제2 기준 물체는 소정 크기의 평면체인 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제1 기준 물체 및 상기 제2 기준 물체는 상기 작업 공간 내 바닥면과 서로 다른 각도를 가지도록 배치되는 것을 특징으로 하는 위치 관계 최적화 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 따른 위치 관계 최적화 방법을 수행하는 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

청구항 16

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 따른 위치 관계 최적화 방법을 실행하기 위한 프로그램 코드를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 데이터를 이용한 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화하는 방법, 시스템 및 프로그램에

관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 3차원 스캐너는 3차원 공간에서 입체물의 3차원 형상을 측정하여 3차원 데이터를 획득하는 장치를 의미하며, 3차원 스캐너는 리버스 엔지니어링(reverse engineering), 부품 검사 및 품질 제어, 컴퓨터 지원 설계(CAD) 및 자동 제조와 같은 응용분야에서 필요한 데이터를 획득하는데 이용되고 있다.

[0003] 또한, 3차원 스캐너는 3차원 예술품, 박물관 공예품 및 역사적 유물의 연구에 용이하게 이용되며, 인체에 대한 전체 혹은 부분 스캐닝을 위한 의료 분야도 계속해서 확장되어 이용되고 있다.

[0004] 종래에는 대상물의 표면을 따라 접촉하면서 하나의 점마다 공간좌표를 측정하여 전체 곡면형상을 측정하는 접촉식 3차원 스캐너가 많이 이용되었으나, 이러한 접촉식 3차원 스캐너는 적용 가능한 대상물의 종류에 한계가 있다는 문제점과 측정시간이 과다하게 소요된다는 문제점이 있었다.

[0005] 이에 따라, 최근에는 접촉식 3차원 측정기의 단점을 해소하여 측정 효율을 높이기 위하여 광학적으로 물체의 입체 형상을 측정하는 비접촉식 3차원 스캐너가 널리 사용되고 있다.

[0006] 통상적으로, 비접촉식 3차원 스캐너는 프로젝터에 의하여 대상물에 빛을 조사하고, 반사되어 수신된 빛을 분석하여 대상물의 곡면형상을 측정한다.

[0007] 또한, 비접촉식 3차원 스캐너는 한 대의 3차원 스캐너를 이동시키며 촬영하는 이동식 방식과 복수의 비접촉식 3차원 스캐너를 이용하여 동시에 촬영하는 고정식 방식이 있다.

[0008] 이동식 방식은 촬영하는 동안 대상물이 고정된 상태를 유지해야 하는 문제점과 촬영된 3차원 데이터에 에러가 발생하게 된다는 단점으로 인해 고정식 방식이 많이 이용되고 있다.

[0009] 다만, 고정식 방식은 복수의 비접촉식 3차원 스캐너를 이용함에 따라 정확한 3차원 데이터를 획득하기 위해서 복수의 비접촉식 3차원 스캐너 간의 위치 관계를 최적화하는 것이 중요하다.

[0010] 종래에는 복수의 3차원 스캐너들의 위치 관계를 최적화하기 위해 3차원 스캐너에 추가적으로 적용된 RGB 카메라를 이용하여 기준 패턴판을 촬영하고, RGB 카메라 간의 위치 관계를 판단하고, RGB 카메라 간의 위치 관계를 기초로 3차원 스캐너의 위치 관계를 계산하는 간접적인 방식이 이용되었다.

[0011] 하지만, 종래의 간접적인 방식은 RGB 카메라와 3차원 스캐너 간의 물리적인 오차로 인하여 정확하게 3차원 스캐너 간의 위치 관계를 최적화하는데 어려움이 있다.

[0012] 또한, RGB 카메라가 추가적으로 필요함으로써, RGB 카메라가 적용되지 않은 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화하는데 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 3차원 데이터를 이용한 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계 최적화 방법, 시스템 및 프로그램을 제안하는 것을 목적으로 한다.

[0014] 구체적으로, 본 발명은 복수의 3차원 스캐너에서 촬영된 3차원 데이터를 이용하여 직접적으로 3차원 스캐너 간의 위치 관계를 최적하는 방법, 시스템 및 프로그램을 제안하는 것을 목적으로 한다.

[0015] 본 명세서는 상기 언급된 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화 방법은 상기 복수의 3차원 스캐너들 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들에서 상기 제1 기준 물체, 상기 제2 기준 물체 및 상기 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출하는 단계, 상기 복수의 3차원 스캐너 마다 추출된 물체 데이터 내에서 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응

되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 상기 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계를 산출하는 단계, 산출된 회전 관계가 반영된 물체 데이터 내에서 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기준으로 상기 복수의 3차원 스캐너 간의 변위 관계를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 산출된 변위 관계 정보를 기초로 상기 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 복수의 3차원 스캐너에는 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너가 포함되며, 상기 제1 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고, 상기 제2 스캐너는 상기 제3 스캐너와 상기 작업 공간의 바닥면이 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 회전 관계 정보를 산출하는 단계는 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 회전 관계를 산출하는 단계는 하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너의 간의 회전 관계들을 산출하고,

[0021] [수학식]

[0022] $$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{21}\vec{n}_{12})$$

[0023] $$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{21}\vec{n}_{22})$$

[0024] $$cost_3 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{31}\vec{n}_{13})$$

[0025] $$cost_4 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{31}\vec{n}_{23})$$

[0026] $$cost_5 = 1 - (R_{31}\vec{n}_{33} \cdot R_{21}\vec{n}_{32})$$

[0027] 상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$는 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{11}$은 제1 스캐너 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{21}$는 제1 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{32}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$는 제3 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값일 수 있다.

[0028] 또한, 상기 변위 관계를 산출하는 단계는 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 상기 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

[0029] 또한, 상기 변위 관계를 산출하는 단계는 하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너의 간의 변위 관계들을 산출하고,

[0030] [수학식]

[0031] $$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

[0032] $$\vec{V}_{pm} = \left[\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}\right]^T$$

[0033] $cost_1 = U_{121}$

[0034] $cost_2 = U_{221}$

[0035] $cost_3 = U_{131}$

[0036] $cost_4 = U_{231}$

[0037] $cost_5 = U_{332}$

[0038] 상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$는 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$는 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나, U_{121}는 상기 제1 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{221}는 상기 제1 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{131}는 상기 제1 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{231}는 상기 제1 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{332}는 상기 제2 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리일 수 있다.

[0039] 또한, 상기 복수의 3차원 스캐너에는 제1 스캐너, 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너가 포함되며, 상기 제1 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고, 상기 제2 스캐너는 상기 제3 스캐너와 상기 작업 공간의 바닥면이 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하며, 상기 제4 스캐너는 상기 제2 스캐너 및 상기 제3 스캐너와 상기 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하되, 상기 제1 스캐너와 관측 시야의 중첩 영역이 존재하지 않을 수 있다.

[0040] 또한, 상기 회전 관계 정보를 산출하는 단계는 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 상기 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 상기 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출하고, 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 기초로 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전관계 및 상기 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

[0041] 또한, 상기 회전 관계를 산출하는 단계는 하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너, 상기 제3 스캐너 및 상기 제4 스캐너의 간의 회전 관계들을 산출하고,

[0042] [수학식]

[0043] $cost_1 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{24}\vec{n}_{12})$

[0044] $cost_2 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{24}\vec{n}_{22})$

[0045] $cost_3 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{34}\vec{n}_{13})$

[0046] $cost_4 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{34}\vec{n}_{23})$

[0047] $cost_5 = 1 - (R_{34}\vec{n}_{33} \cdot R_{24}\vec{n}_{32})$

[0048] $cost_6 = \|R_{21}R_{24}R_{41}^T - I\|^2$

[0049] $cost_7 = \|R_{31}R_{34}R_{41}^T - I\|^2$

[0050] 상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$ 는 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{14}$ 은 제4 스캐너 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$ 는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{24}$는 제4 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$ 는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{34}$는 제4 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$ 는 제3 스캐너 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{24} 는 제4 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{34} 는 제4 스캐너를 기준으로 제3 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너를 기준으로 제2 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{41} 는 제1 스캐너를 기준으로 제4 스캐너와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값일 수 있다.

[0051] 또한, 상기 변위 관계를 산출하는 단계는 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너, 제4 스캐너 기준의 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 상기 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출하고, 상기 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 기초로 상기 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계 및 상기 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

[0052] 또한, 상기 변위 관계를 산출하는 단계는 하기의 수학식을 이용하여 위치 관계가 최적화되도록 상기 제1 스캐너, 상기 제2 스캐너, 상기 제3 스캐너 및 상기 제4 스캐너 간의 변위 관계들을 산출하고,

[0053] [수학식]

[0054] $$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

[0055] $$\vec{V}_{pm} = \left[\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}\right]^T$$

[0056] $$cost_1 = U_{124}$$

[0057] $$cost_2 = U_{224}$$

[0058] $$cost_3 = U_{134}$$

[0059] $$cost_4 = U_{234}$$

[0060] $$cost_5 = U_{332}$$

[0061] $$cost_6 = \left\|\vec{t}_{42} + \vec{t}_{21} - \vec{t}_{41}\right\|^2$$

[0062] $$cost_7 = \left\|\vec{t}_{43} + \vec{t}_{31} - \vec{t}_{41}\right\|^2$$

[0063] 상기 수학식에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$ 는 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$ 는 상기 제1 기준 물체 내 임의의 점, 상기 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나, U_{124}는 상기 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{224} 는 상기 제4 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{134} 는 상기 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{234}는 상기 제4 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최

소거리, U_{332}는 상기 제2 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너 기준의 상기 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, $\vec{t}_{42}$는 제2 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{21}$는 제1 스캐너 기준으로 제2 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{43}$는 제3 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{31}$는 제1 스캐너 기준으로 제3 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{41}$는 제1 스캐너 기준으로 제4 스캐너와의 변위 관계를 나타낸 값일 수 있다.

[0064] 또한, 상기 제1 기준 물체 및 상기 제2 기준 물체는 소정 크기의 평면체일 수 있다.

[0065] 또한, 상기 제1 기준 물체 및 상기 제2 기준 물체는 상기 작업 공간 내 바닥면과 서로 다른 각도를 가지도록 배치될 수 있다.

발명의 효과

[0066] 본 명세서에 따르면, 3차원 데이터를 이용하여 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계 및 변위 관계를 산출할 수 있으며, 이를 통해 3차원 스캐너 간의 위치 관계를 최적화할 수 있다.

[0067] 또한, 본 발명은 3차원 데이터를 이용하여 스캐너 간의 위치 관계를 최적화함으로써, 3차원 스캐너 간의 위치에 따라 발생되는 오차를 최소화할 수 있다.

[0068] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급된 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0069] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 5은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

도 6는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 시스템의 구성을 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0070] 이하의 내용은 단지 본 발명의 원리를 예시한다. 그러므로 당업자는 비록 본 명세서에 명확히 설명되거나 도시되지 않았지만 본 발명의 원리를 구현하고 본 발명의 개념과 범위에 포함된 다양한 장치를 발명할 수 있는 것이다. 또한, 본 명세서에 열거된 모든 조건부 용어 및 실시 예들은 원칙적으로, 본 발명의 개념이 이해되도록 하기 위한 목적으로만 명백히 의도되고, 이와 같이 특별히 열거된 실시 예들 및 상태들에 제한적이지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0071] 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해질 것이며, 그에 따라 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.

[0072] 또한, 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 그 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0073] 이하에는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시 예에 대하여 상세하게 설명한다.

[0074] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 설명하기 위한 개념도이다.

[0075] 도 1을 참조하면, 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화하기 위한 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1

스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), ..., 제n 스캐너(100-n)으로 구성된 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 각각 획득된 3차원 데이터를 이용하여 복수의 3차원 스캐너(100) 간의 위치 관계를 최적화할 수 있다. 이때, 복수의 3차원 스캐너(100)는 비접촉식 3차원 스캐너를 의미하며, 3차원 스캐너(100)는 레이저를 사용하여 레이저의 전달시간을 측정하거나, 일반 광을 사용하여 3각 측량법에 의하여 대상물의 각 점들의 위치를 결정하여 3차원 데이터를 획득할 수 있다. 여기서, 3차원 데이터는 대상물의 3차원 형상을 나타내는 모든 점들에 대한 데이터를 의미한다.

[0076] 한편, 3차원 스캐너(100)는 상술한 3차원 데이터 획득 방식에 한정되지 않으며 다른 방식으로 3차원 데이터를 획득하는 비접촉식 3차원 스캐너가 포함될 수 있다.

[0077] 이하, 3차원 스캐너의 개수에 따른 3차원 스캐너의 위치 최적화 방법에 대해 순차적으로 설명한다.

[0078] 우선 도 2와 도 3을 참조하여 복수의 3차원 스캐너(100)가 두 대의 3차원 스캐너로 구성된 경우의 위치 최적화 방법에 대해 설명한다.

[0080] **[두 대의 3차원 스캐너로 구성된 경우]**

[0081] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0082] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

[0083] 도 2를 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)로 구성된 복수의 3차원 스캐너(100)들로부터 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득할 수 있다(S110). 여기서, 작업 공간은 3차원 스캐너(100)를 통해 대상물을 촬영하기 위해 대상물을 위치시키는 공간을 의미하고, 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체는 위치 관계 최적화를 위해 작업 공간에 위치되는 물체로써, 소정 크기의 평면체일 수 있다. 이때, 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체는 작업 공간 내 바닥면과 서로 다른 각도와 방향을 가지도록 배치될 수 있다.

[0084] 또한, 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)는 작업 공간의 일 위치에 위치되며, 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)의 관측 시야 사이에는 서로 중첩 영역이 존재할 수 있다. 이때, 관측 시야의 중첩 영역에는 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상이 포함될 수 있다.

[0085] 즉, 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)는 관측 시야 사이에는 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상이 촬영되는 중첩 영역이 서로 존재할 수 있다.

[0086] 이하, 본 예시에서는 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)는 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하는 경우를 기준으로 설명한다.

[0088] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 3차원 데이터에서 제1 기준 물체와제2 기준 물체의 형상을 나타내는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S120). 여기서, 물체 데이터는 3차원 데이터 내에서 해당 물체의 형상을 나타내는 점군 데이터를 의미한다.

[0089] 예를 들어 도 3을 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1)에서 촬영된 3차원 데이터에서 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체에 대응되는 물체 데이터(11)를 추출하고, 제2 스캐너(100-2)에서 촬영된 3차원 데이터에서 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체에 대응되는 물체 데이터(21)를 각각 추출할 수 있다.

[0091] 또한, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 복수의 3차원 스캐너 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터를 기준으로 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계를 산출할 수 있다(S130). 여기서, 법선 벡터는 단위 법선 벡터를 의미하며, 회전 관계는 복수의 3차원 스캐너(100) 간 회전된 방향 및 회전된 정도를 나타내는 데이터를 의미할 수 있다.

[0092] 구체적으로, 회전 관계 정보 산출 단계(S130)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터와 제2 스캐너(100-2) 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터가 서로 평행이 되며, 제1 스캐너(100-1) 기준의 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터와 제2 스캐너(100-2) 기준의 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터가 서로 평행이 되도록 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 회전 관

계를 산출할 수 있다. 여기서, 제1 스캐너 기준은 제1 스캐너(100-1)에서 촬영된 것을 의미하며, 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터는 제1 스캐너(100-1)에서 촬영된 3차원 데이터에서 추출된 제1 기준 물체에 대응되는 물체 데이터에 대응되는 법선 벡터를 의미할 수 있다.

[0093] 예를 들어, 회전 관계 정보 산출 단계(S130)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 1을 이용하여 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)의 위치 관계가 최적화되는 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

수학식 1

[0095] $$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{21}\vec{n}_{12})$$

[0096] $$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{21}\vec{n}_{22})$$

[0098] 상술한 수학식 1에서 $cost_1$ 및 $cost_2$는 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 위치 관계를 산출하기 위한 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{11}$은 제1 스캐너(100-1) 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{21}$는 제1 스캐너(100-1) 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값을 나타낸다.

[0099] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너에 반영할 수 있다(S140). 구체적으로, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계가 반영되도록 원격 제어를 통해 3차원 스캐너(100)의 위치를 수정할 수 있다.

[0100] 예를 들어, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값(R_{21})을 기초로 제2 스캐너(100-2)의 위치를 수정할 수 있다.

[0101] 한편, 위치 관계 최적화 시스템(1000)의 사용자가 직접 제2 스캐너(100-2)의 위치를 수정할 수도 있다.

[0103] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계가 반영된 복수의3차원 스캐너(100)로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득할 수 있다(S150). 여기서, 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)는 서로 평행이 된 상태를 의미한다.

[0104] 구체적으로, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계를 기초로 위치 관계가 최적화가 되도록 위치가 수정된 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)로부터 기존에 배치된 작업 공간 내 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터를 획득할 수 있다.

[0105] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계가 반영된 3차원 데이터들에서 제1 기준물체 및 제2 기준물체에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S160).

[0106] 예를 들어 도 3을 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 회전 관계가 반영된 제1 스캐너(100-1)에서 촬영된 3차원 데이터에서 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체에 대응되는 물체 데이터(12)를 추출하고, 회전 관계가 반영된 제2 스캐너(100-2)에서 촬영된 3차원 데이터에서 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체에 대응되는 물체 데이터(22)를 각각 추출할 수 있다.

[0108] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계가 반영된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체 내 임의의 점과 제2 기준 물체 내 임의의 점을 결정한 후, 제1 기준 물체 내 임의의 점과 제2 기준 물체 내 임의의 점

기준으로 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다(S170). 여기서, 임의의 점은 물체 데이터를 구성하는 점군 데이터 중 외면에 위치한 하나의 점을 의미할 수 있다.

[0109] 구체적으로, 변위 관계 산출 단계(S170)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 및 제2 기준 물체 내 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되면서 제2 스캐너(100-2) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 및 제2 기준 물체 내 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다. 여기서, 제1 스캐너(100-1) 기준은 제1 스캐너(100-1)에서 촬영된 것을 의미한다.

[0110] 예를 들어, 변위 관계 산출 단계(S170)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 2를 이용하여 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)의 위치 관계가 최적화되는 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

수학식 2

[0112] $$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

[0113] $$\vec{V}_{pm} = [\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}]^T$$

[0114] $$cost_1 = U_{121}$$

[0115] $$cost_2 = U_{221}$$

[0117] 상술한 수학식 2에서 $cost_1$ 내지 $cost_4$는 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2) 간의 변위 관계를 산출하기 위한 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$는 제1 기준 물체 내 임의의 점 및 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나의 위치 좌표, U_{121}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{221}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리일 수 있다.

[0118] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 변위 관계를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화할 수 있다(S180). 구체적으로, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 변위 관계를 기초로 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)의 위치 관계가 최적화가 되도록 제1 스캐너(100-1)와 제2 스캐너(100-2)의 위치를 수정할 수 있다. 또한, 위치 관계 최적화 시스템(1000)의 사용자가 직접 제2 스캐너(100-2)의 위치를 수정할 수도 있다.

[0119] 상술한 본 실시 예에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 관측 시야가 겹치는 3차원 스캐너를 묶은 그룹(예를 들어, 도 3의 10a) 마다 물체 데이터를 기초로 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)의 회전 관계 및 변위 관계를 산출하여 제1 스캐너(100-1) 및 제2 스캐너(100-2)의 위치 관계를 최적화할 수 있다.

[0121] 이어서, 도 4와 도 5를 참조하여 복수의 3차원 스캐너(100)가 세대의 3차원 스캐너로 구성된 경우의 위치 최적화 방법에 대해 설명한다.

[0123] **[세대의 3차원 스캐너로 구성된 경우]**

[0124] 도 4는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0125] 도 5은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

[0126] 도 4를 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)로 구성된 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득할 수 있다(S210). 이때, 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)는 각 관측 시야 사이에 중첩 영역이 서로 존재할 수 있다.

[0127] 본 실시 예에서 제1 스캐너(100-1)는 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)와 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 함께 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고, 제2 스캐너(100-2)는 제3 스캐너(100-3)와 작업 공간의 바닥면이 함께 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재는 경우를 기준으로 설명한다.

[0128] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 3차원 데이터에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면의 형상을 나타내는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S220).

[0129] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 서로 평행이 되도록 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다(S230).

[0130] 예를 들어, 회전 관계 산출 단계(S230)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 3을 이용하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)의 위치 관계가 최적화되는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

수학식 3

[0132] $$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{21}\vec{n}_{12})$$

[0133] $$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{21}\vec{n}_{22})$$

[0134] $$cost_3 = 1 - (\vec{n}_{11} \cdot R_{31}\vec{n}_{13})$$

[0135] $$cost_4 = 1 - (\vec{n}_{21} \cdot R_{31}\vec{n}_{23})$$

[0136] $$cost_5 = 1 - (R_{31}\vec{n}_{33} \cdot R_{21}\vec{n}_{32})$$

[0138] 상술한 수학식 3에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 간의 회전 관계를 산출하기 위한 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{11}$은 제1 스캐너(100-1) 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너(100-2) 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{21}$는 제1 스캐너(100-1) 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너(100-2) 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{32}$는 제2 스캐너(100-2) 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$는 제3 스캐너(100-3) 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값일 수 있다.

[0140] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너(100)에 반영(S240)하고, 산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득할 수 있다(S250). 여

기서, 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)는 서로 평행이 된 상태를 의미한다.

[0142] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계가 반영된 3차원데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S260).

[0144] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다(S270).

[0145] 예를 들어, 변위 관계 산출 단계(S270)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 4를 이용하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)의 위치 관계가 최적화되는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

수학식 4

[0147] $$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

[0148] $$\vec{V}_{pm} = [\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}]^T$$

[0149] $$cost_1 = U_{121}$$

[0150] $$cost_2 = U_{221}$$

[0151] $$cost_3 = U_{131}$$

[0152] $$cost_4 = U_{231}$$

[0153] $$cost_5 = U_{332}$$

[0155] 상술한 수학식 4에서 $cost_1$ 내지 $cost_5$는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)의 변위 관계를 산출하기 위한 비용 함수(cost function), $\vec{V}_{pm}$는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나의 위치 좌표, U_{121}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{221}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{131}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{231}는 제1 스캐너(100-1) 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{332}는 제2 스캐너(100-2) 기준의 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리를 나타낸다.

[0156] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 변위 관계를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화할 수 있다(S280).

[0157] 상술한 본 실시 예에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 관측 시야가 겹치는 3차원 스캐너를 묶은 그룹(예를 들어, 도 5의 20a, 20b 및 20c) 마다 물체 데이터를 기초로 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)의 회전 관계 및 변위 관계를 산출하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)의 위치 관계를 최적화할 수 있다.

[0159] 이어서, 도 6 및 도 7를 참조하여 복수의 3차원 스캐너(100)가 네 대의 3차원 스캐너(100)로 구성된 경우의 위치 최적화 방법에 대해 설명한다.

[0161] **[네 대의 3차원 스캐너로 구성된 경우]**

[0162] 도 6는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 방법을 나타낸 흐름도이다.

[0163] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 3차원 데이터에서 추출된 물체 데이터를 나타낸 예시도이다.

[0164] 도 6을 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4)로 구성된 복수의 3차원 스캐너(100)들로부터 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득할 수 있다(S310). 이때, 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4)는 각 관측 시야 사이에 중첩 영역이 서로 존재할 수 있다.

[0165] 본 실시 예에서는 제1 스캐너(100-1)는 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)와 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하고, 제2 스캐너(100-2)는 제3 스캐너(100-3)와 작업 공간의 바닥면이 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하며, 제4 스캐너(100-4)는 제2 스캐너(100-2) 및 제3 스캐너(100-3)와 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체가 촬영되도록 관측 시야의 중첩 영역이 서로 존재하되, 제1 스캐너(100-1)와 관측 시야의 중첩 영역이 존재하지 않는 경우를 기준으로 설명한다.

[0167] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 3차원 데이터에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면의 형상을 나타내는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S320).

[0169] 또한, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다(S330).

[0170] 구체적으로, 회전 관계 산출 단계(S330)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 회전 관계를 산출하고, 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 회전 관계를 기초로 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 회전관계 및 제1 스캐너(100-1), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

[0171] 예를 들어, 회전 관계 산출 단계(S330)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 5를 이용하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4)의 위치 관계가 최적화되는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

수학식 5

[0173] $$cost_1 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{24}\vec{n}_{12})$$

[0174] $$cost_2 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{24}\vec{n}_{22})$$

[0175] $$cost_3 = 1 - (\vec{n}_{14} \cdot R_{34}\vec{n}_{13})$$

[0176] $$cost_4 = 1 - (\vec{n}_{24} \cdot R_{34}\vec{n}_{23})$$

[0177] $$cost_5 = 1 - (R_{34}\vec{n}_{33} \cdot R_{24}\vec{n}_{32})$$

[0178] $$cost_6 = \|R_{21}R_{24}R_{41}^T - I\|^2$$

[0179] $$cost_7 = \|R_{31}R_{34}R_{41}^T - I\|^2$$

[0181] 상술한 수학식 5에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$는 비용 함수(cost function), $\vec{n}_{14}$은 제4 스캐너(100-4) 기준에서 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{12}$는 제2 스캐너(100-2) 기준에서 촬영된 제1 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{24}$는 제4 스캐너(100-4) 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{22}$는 제2 스캐너(100-2) 기준에서 촬영된 제2 기준 물체의 법선 벡터, $\vec{n}_{34}$는 제4 스캐너(100-4) 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, $\vec{n}_{33}$는 제3 스캐너(100-3) 기준에서 촬영된 바닥면의 법선 벡터, R_{21}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{24}는 제4 스캐너(100-4)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{34}는 제4 스캐너(100-4)를 기준으로 제3 스캐너(100-3)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{31}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값, R_{41}는 제1 스캐너(100-1)를 기준으로 제4 스캐너(100-4)와의 회전 관계를 나타낸 행렬 값일 수 있다.

[0183] 그리고, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너(100)에 반영(S340)하고, 산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득(S350)하며, 산출된 회전 관계가 반영된 3차원데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다(S360). 여기서, 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)는 서로 평행이 된 상태를 의미한다.

[0184] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다(S370).

[0185] 구체적으로, 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 산출하고, 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 기초로 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계 및 제1 스캐너(100-1), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

[0186] 예를 들어, 변위 관계 산출 단계(S370)에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 하기의 수학식 6를 이용하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4)의 위치 관계가 최적화되는 제1

스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

수학식 6

[0188] $$U_{pmn} = \frac{\left|a_{pn}\dot{x}_{pm} + a_{pn}\dot{y}_{pm} + a_{pn}\dot{z}_{pm} + d_{pn}\right|}{\sqrt{a_{pn}^2 + b_{pn}^2 + c_{pn}^2}}$$

[0189] $$\vec{\dot{V}}_{pm} = [\dot{x}_{pm}, \dot{y}_{pm}, \dot{z}_{pm}]^T$$

[0190] $$cost_1 = U_{124}$$

[0191] $$cost_2 = U_{224}$$

[0192] $$cost_3 = U_{134}$$

[0193] $$cost_4 = U_{234}$$

[0194] $$cost_5 = U_{332}$$

[0195] $$cost_6 = \|\vec{t}_{42} + \vec{t}_{21} - \vec{t}_{41}\|^2$$

[0196] $$cost_7 = \|\vec{t}_{43} + \vec{t}_{31} - \vec{t}_{41}\|^2$$

[0198] 상술한 수학식 6에서 $cost_1$ 내지 $cost_7$는 비용 함수(cost function), $\vec{\dot{V}}_{pm}$는 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나의 위치 좌표, U_{124}는 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{224}는 제4 스캐너(100-4) 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제2 스캐너(100-2) 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{134}는 제4 스캐너(100-4) 기준의 제1 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{234}는 제4 스캐너(100-4) 기준의 제2 기준 물체 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 제2 기준 물체 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, U_{332}는 제2 스캐너(100-2) 기준의 작업 공간 바닥면 내 추출된 평면과 제3 스캐너(100-3) 기준의 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나 간의 최소거리, $\vec{t}_{42}$는 제2 스캐너(100-2) 기준으로 제4 스캐너(100-4)와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{21}$는 제1 스캐너(100-1) 기준으로 제2 스캐너(100-2)와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{43}$는 제3 스캐너(100-3) 기준으로 제4 스캐너(100-4)와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{31}$는 제1 스캐너(100-1) 기준으로 제3 스캐너(100-3)와의 변위 관계를 나타낸 값, $\vec{t}_{41}$는 제1 스캐너(100-1) 기준으로 제4 스캐너(100-4)와의 변위 관계를 나타낸 값일 수 있다.

[0200] 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 산출된 변위 관계를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화할 수 있다(S380).

[0201] 상술한 본 실시 예에서 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 3차원 스캐너끼리 묶은 그룹(예를 들어, 도 7의 30a, 30b, 30 및 30d 등) 마다 물체 데이터를 기초로 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4)의 회전 관계 및 변위 관계를 산출하여 제1 스캐너(100-1), 제2 스캐너(100-2), 제3 스캐너(100-3) 및 제4 스캐너(100-4) 간의 위치 관계를 최적화할 수 있다. 이때, 관측 시야가 겹치는 3차원 스캐너를 묶은 그룹(예를 들어, 도 7의 30a, 30b 및 30c)의 회전 관계 및 변위 관계를 기초로 관측 시야가 겹치지 않는 3차원 스캐너를 묶은 그룹(도 7의 30d)의 위치 관계도 최적화할 수 있다.

[0203] 이어서, 다음, 위치 관계 최적화 시스템(1000)의 구성에 대해 설명한다.

[0204] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치 관계 최적화 시스템(1000)의 구성을 나타낸 블록도이다.

[0205] 도 8을 참조하면, 위치 관계 최적화 시스템(1000)은 3차원 데이터 획득부(1100), 물체 데이터 추출부(1200), 위치 관계 최적화부(1300) 및 제어부(1400)로 구성될 수 있다.

[0206] 3차원 데이터 획득부(1100)는 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득할 수 있다.

[0207] 또한, 3차원 데이터 획득부(1100)는 산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너(100)로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득할 수 있다.

[0208] 물체 데이터 추출부(1200)는 획득된 3차원 데이터에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면의 형상을 나타내는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다.

[0209] 또한, 물체 데이터 추출부(1200)는 산출된 회전 관계가 반영된 3차원데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출할 수 있다.

[0210] 위치 관계 최적화부(1300)는 복수의 3차원 스캐너(100) 간의 회전 관계를 산출하는 회전 관계 산출부(1310) 및 복수의 3차원 스캐너(100) 간의 변위 관계를 산출하는 변위 관계 산출부(1320)로 구성될 수 있다.

[0211] 구체적으로, 회전 관계 산출부(1310)는 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기준으로 서로 평행이 되도록 3차원 스캐너(100) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다. 예를 들어, 회전 관계 산출부(1310)는 상술한 수학식 1, 수학식 3 및 수학식 5를 이용하여 3차원 스캐너(100) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

[0212] 변위 관계 산출부(1320)는 복수의 3차원 스캐너(100) 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 복수의 3차원 스캐너(100) 간의 변위 관계를 산출할 수 있다.

[0213] 예를 들어, 변위 관계 산출부(1320)는 상술한 수학식 2, 수학식 4 및 수학식 6을 이용하여 3차원 스캐너(100) 간의 회전 관계를 산출할 수 있다.

[0214] 제어부(1400)는 위치 관계 최적화부(1300)에서 산출된 회전 관계 및 변위 관계를 기초로 복수의 3차원 스캐너(100)의 위치가 수정되도록 원격으로 제어할 수 있다.

[0215] 상술한 본 발명에 따르면, 3차원 데이터를 이용하여 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계 및 변위 관계를 산출할 수 있으며, 이를 통해 3차원 스캐너(100) 간의 위치 관계를 최적화할 수 있다.

[0216] 또한, 3차원 데이터를 이용하여 스캐너(100) 간의 위치 관계를 최적화함으로써, 3차원 스캐너(100) 간의 위치에 따라 발생되는 오차를 최소화할 수 있다.

[0217] 한편, 상술한 본 발명은 3차원 스캐너가 두 대 내지 네 대로 구성된 경우에 한정되지 않으며 추가적인 3차원 스캐너로 구성된 경우에도 동일한 방식으로 3차원 스캐너 간 위치 관계를 최적화할 수 있다.

[0218] 나아가, 여기에 설명되는 다양한 실시예는 예를 들어, 소프트웨어, 하드웨어 또는 이들의 조합된 것을 이용하여 컴퓨터 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록매체 내에서 구현될 수 있다.

[0219] 하드웨어적인 구현에 의하면, 여기에 설명되는 실시예는 ASICs (application specific integrated circuits), DSPs (digital signal processors), DSPDs (digital signal processing devices), PLDs (programmable logic

devices), FPGAs (field programmable gate arrays, 프로세서(processors), 제어기(controllers), 마이크로 컨트롤러(micro-controllers), 마이크로 프로세서(microprocessors), 기타 기능 수행을 위한 전기적인 유닛 중 적어도 하나를 이용하여 구현될 수 있다. 일부의 경우에 본 명세서에서 설명되는 실시예들이 제어 모듈 자체로 구현될 수 있다.

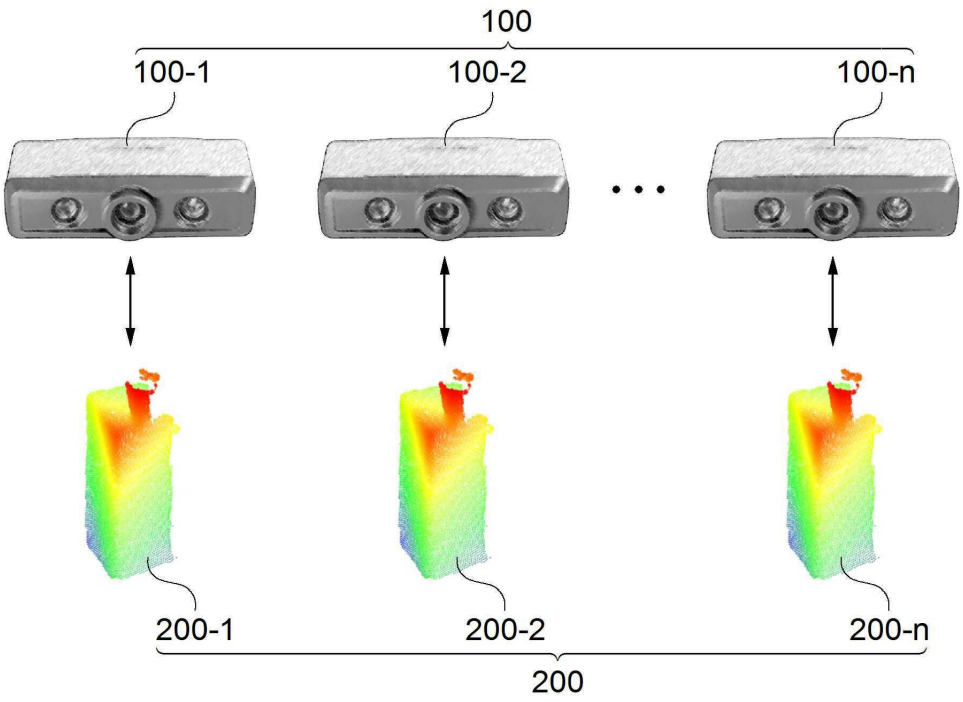
[0220] 소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능과 같은 실시예들은 별도의 소프트웨어 모듈들로 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 작동을 수행할 수 있다. 적절한 프로그램 언어로 씌여진 소프트웨어 어플리케이션으로 소프트웨어 코드가 구현될 수 있다. 상기 소프트웨어 코드는 메모리 모듈에 저장되고, 제어모듈에 의해 실행될 수 있다.

[0221] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다.

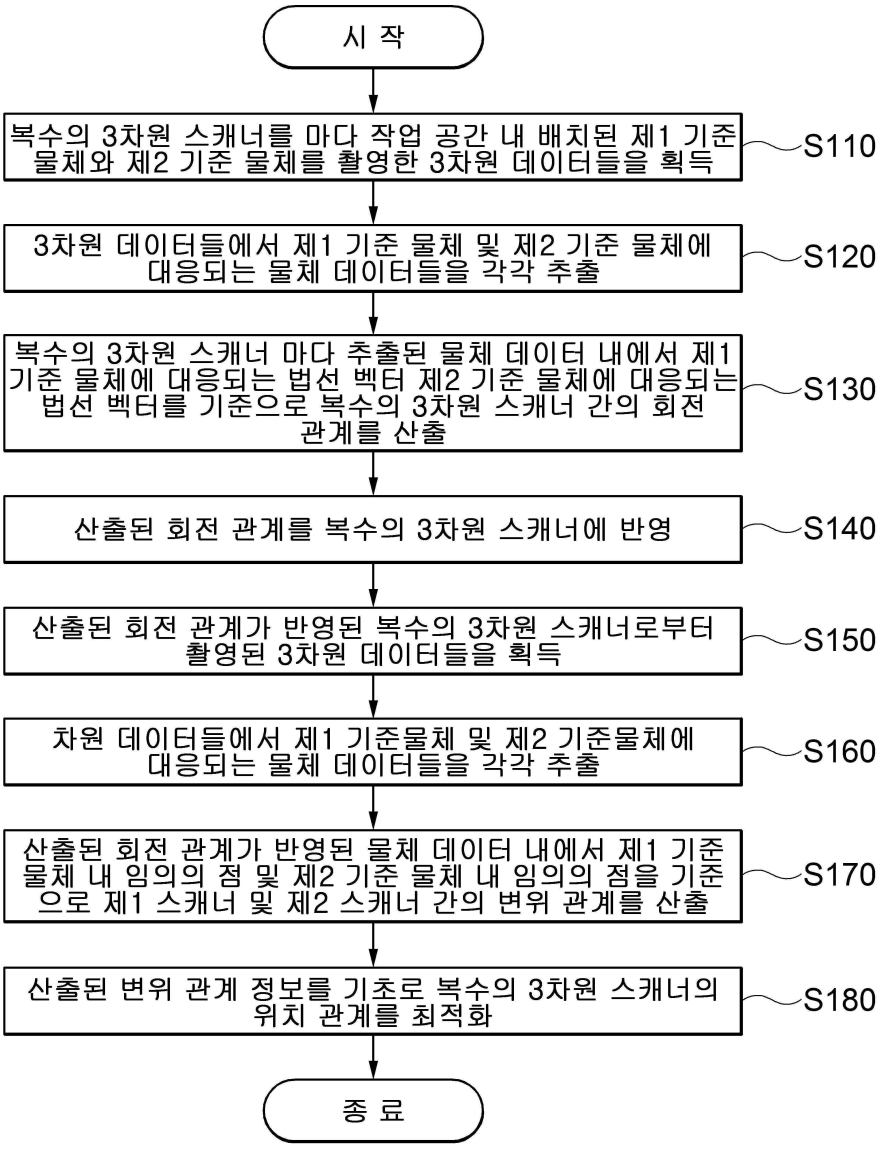
[0222] 따라서, 본 발명에 개시된 실시 예 및 첨부된 도면들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시 예 및 첨부된 도면에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구 범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

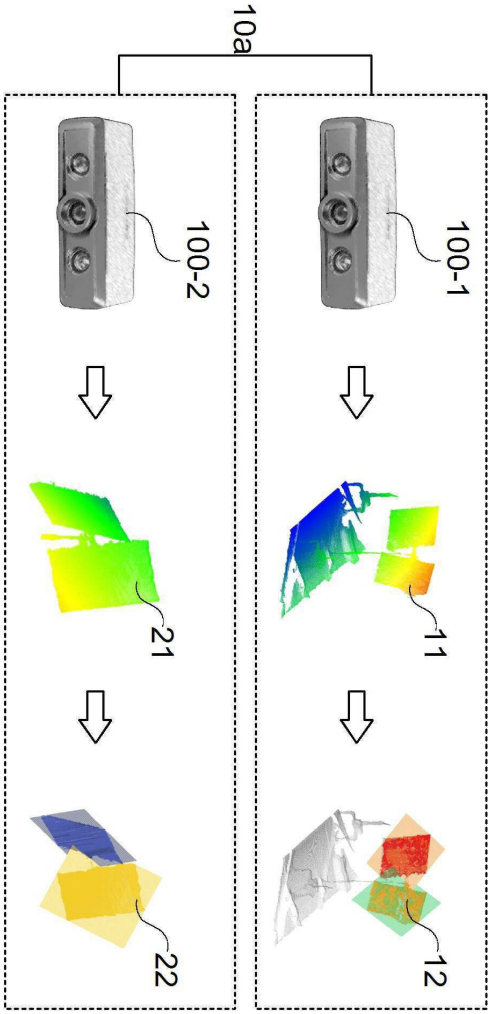
도면1



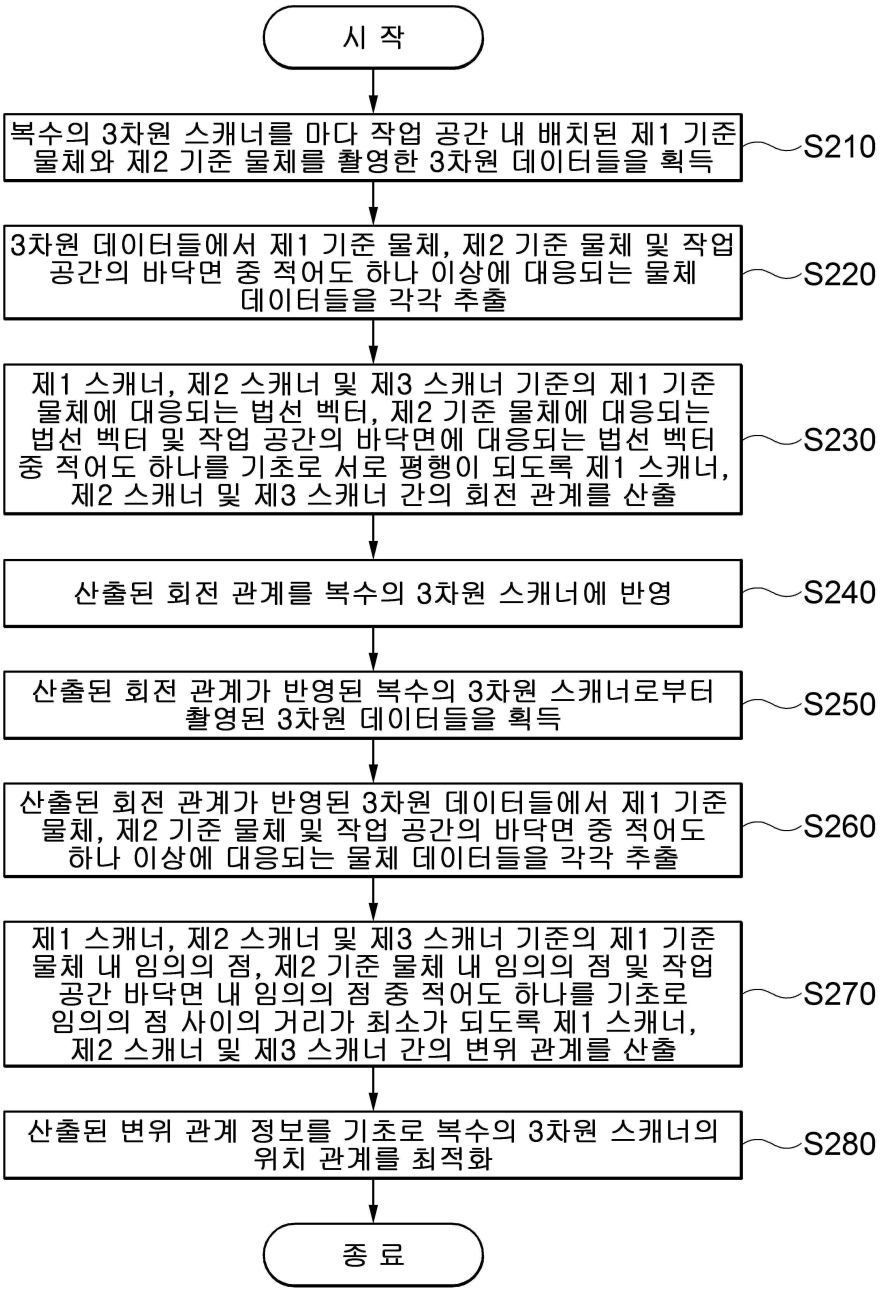
도면2


시 작
복수의 3차원 스캐너를 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득
S110
3차원 데이터들에서 제1 기준 물체 및 제2 기준 물체에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S120
복수의 3차원 스캐너 마다 추출된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터를 기준으로 복수의 3차원 스캐너 간의 회전 관계를 산출
S130
산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너에 반영
S140
산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득
S150
차원 데이터들에서 제1 기준물체 및 제2 기준물체에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S160
산출된 회전 관계가 반영된 물체 데이터 내에서 제1 기준 물체 내 임의의 점 및 제2 기준 물체 내 임의의 점을 기준으로 제1 스캐너 및 제2 스캐너 간의 변위 관계를 산출
S170
산출된 변위 관계 정보를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화
S180
종 료

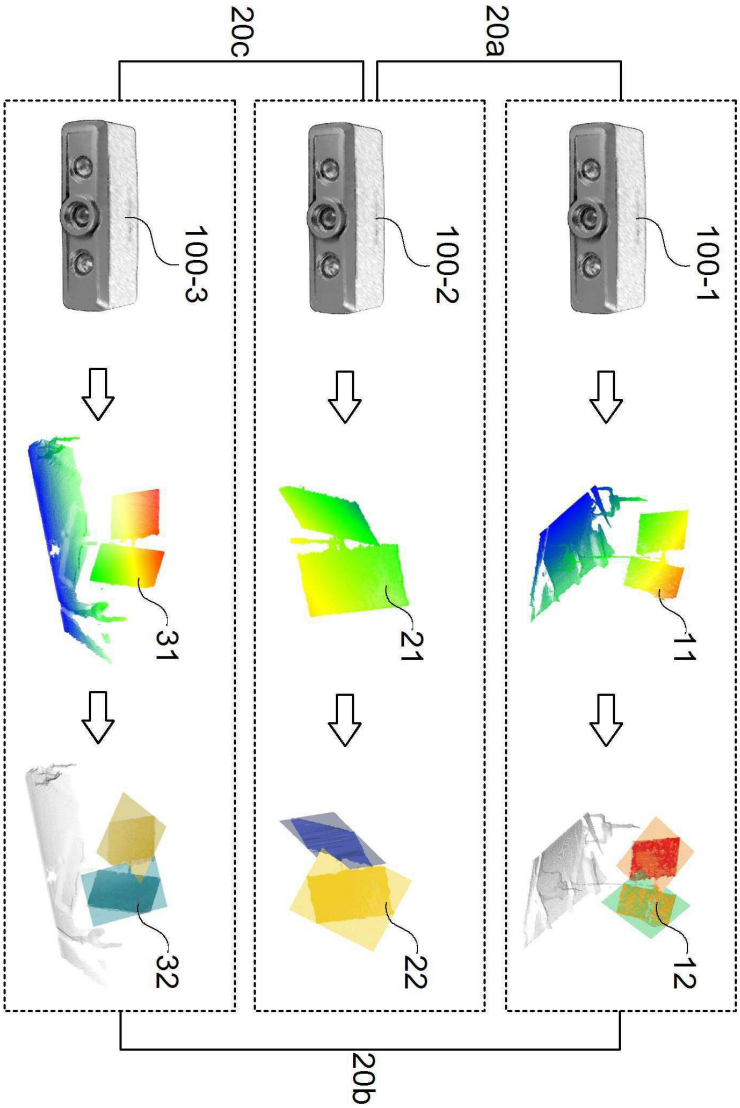
도면3



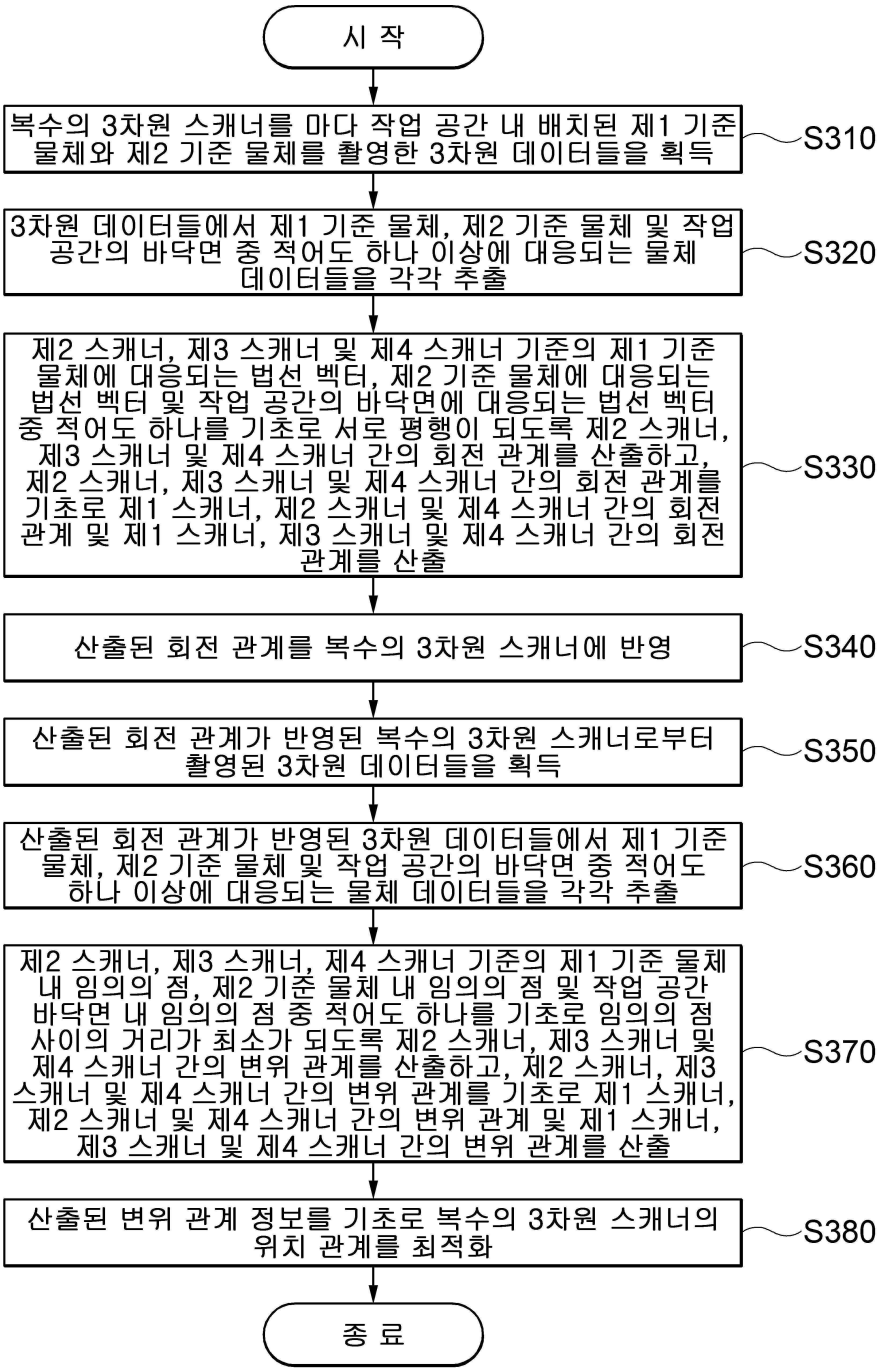
도면4


시 작
복수의 3차원 스캐너를 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득
S210
3차원 데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S220
제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 회전 관계를 산출
S230
산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너에 반영
S240
산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득
S250
산출된 회전 관계가 반영된 3차원 데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S260
제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제3 스캐너 간의 변위 관계를 산출
S270
산출된 변위 관계 정보를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화
S280
종 료

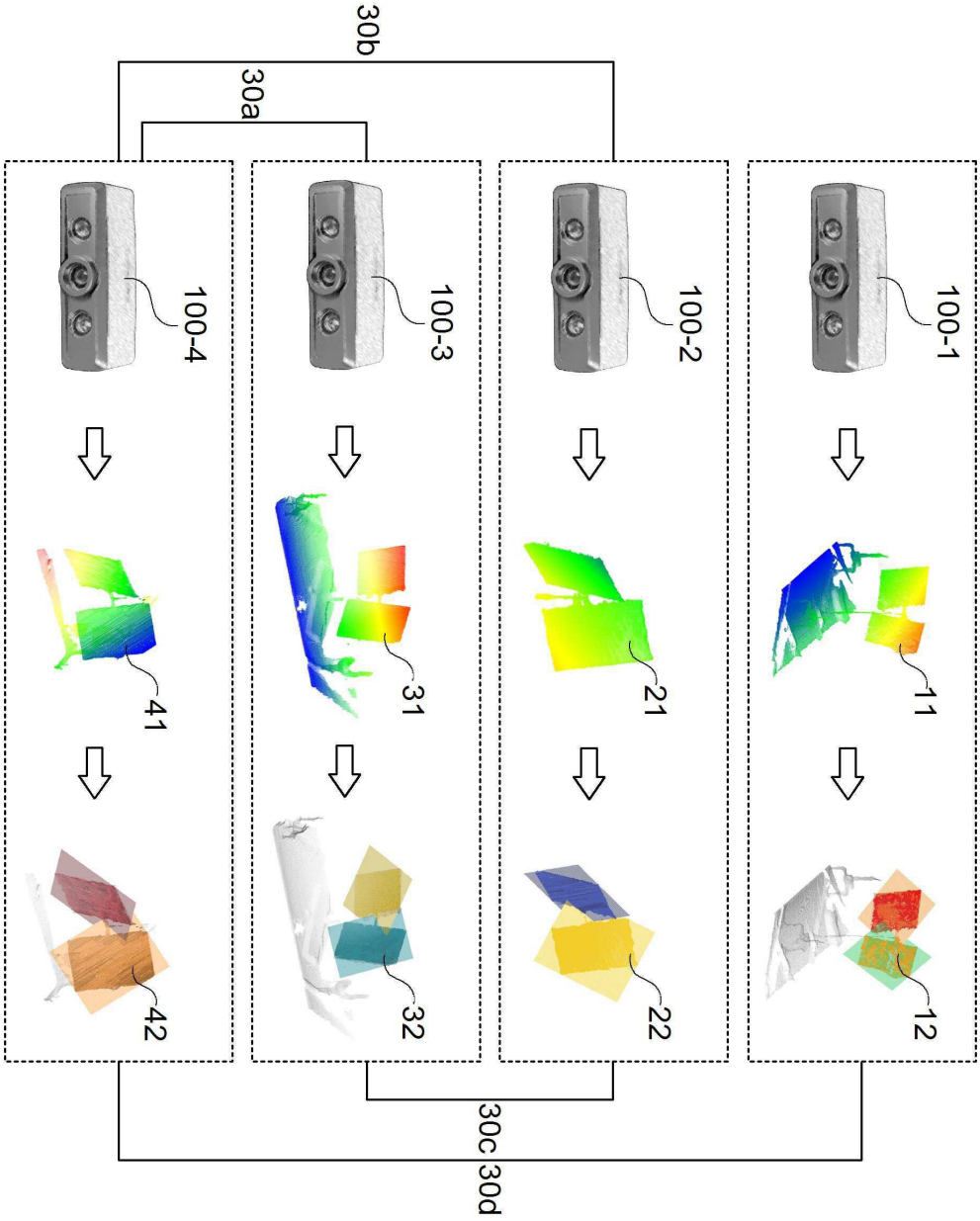
도면5



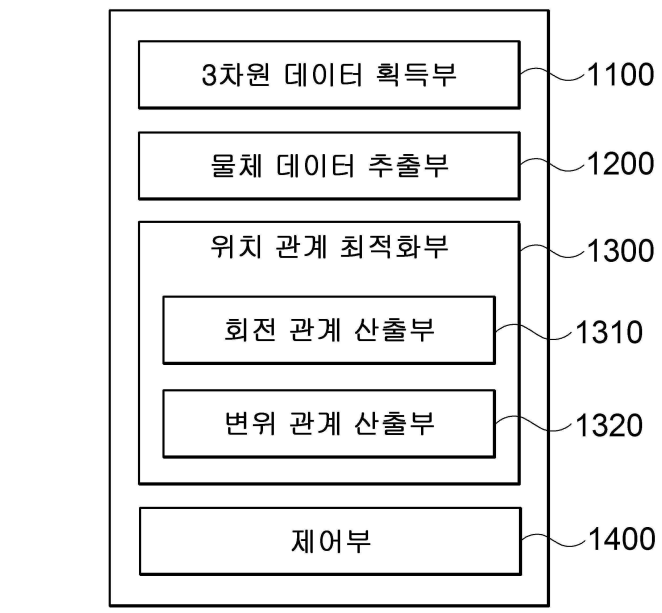
도면6


시 작
복수의 3차원 스캐너를 마다 작업 공간 내 배치된 제1 기준 물체와 제2 기준 물체를 촬영한 3차원 데이터들을 획득
S310
3차원 데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S320
제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체에 대응되는 법선 벡터, 제2 기준 물체에 대응되는 법선 벡터 및 작업 공간의 바닥면에 대응되는 법선 벡터 중 적어도 하나를 기초로 서로 평행이 되도록 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출하고, 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 기초로 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계 및 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 회전 관계를 산출
S330
산출된 회전 관계를 복수의 3차원 스캐너에 반영
S340
산출된 회전 관계가 반영된 복수의 3차원 스캐너로부터 촬영된 3차원 데이터들을 획득
S350
산출된 회전 관계가 반영된 3차원 데이터들에서 제1 기준 물체, 제2 기준 물체 및 작업 공간의 바닥면 중 적어도 하나 이상에 대응되는 물체 데이터들을 각각 추출
S360
제2 스캐너, 제3 스캐너, 제4 스캐너 기준의 제1 기준 물체 내 임의의 점, 제2 기준 물체 내 임의의 점 및 작업 공간 바닥면 내 임의의 점 중 적어도 하나를 기초로 임의의 점 사이의 거리가 최소가 되도록 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출하고, 제2 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 기초로 제1 스캐너, 제2 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계 및 제1 스캐너, 제3 스캐너 및 제4 스캐너 간의 변위 관계를 산출
S370
산출된 변위 관계 정보를 기초로 복수의 3차원 스캐너의 위치 관계를 최적화
S380
종 료

도면7



도면8


1000
3차원 데이터 획득부
1100
물체 데이터 추출부
1200
위치 관계 최적화부
1300
회전 관계 산출부
1310
변위 관계 산출부
1320
제어부
1400