



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년02월18일

(11) 등록번호 10-1595067

(24) 등록일자 2016년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/24 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)

G06T 7/60 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0112249

(22) 출원일자 2014년08월27일

심사청구일자 2014년08월27일

(56) 선행기술조사문헌

JP2003296708 A*

JP2004239747 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김휘

서울 동작구 동작대로9나길 9, 2층 (사당동)

오주영

서울 서초구 효령로68길 13, 20동 902호 (서초동, 현대아파트)

(74) 대리인

김등용

전체 청구항 수 : 총 8 항

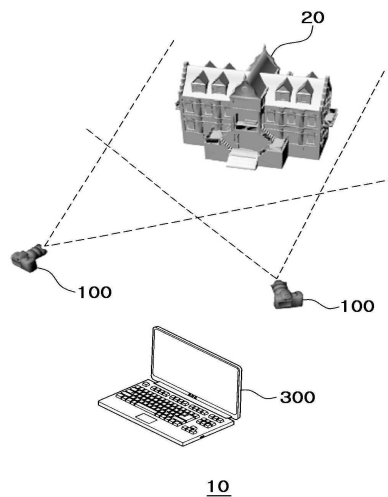
심사관 : 김창주

(54) 발명의 명칭 삼차원 형상 계측 장치 및 방법

(57) 요약

삼차원 형상 계측 방법이 개시된다. 상기 삼차원 형상 계측 방법은, 계측 대상을 서로 다른 방향에서 촬영한 적어도 두 개의 정지 화상들을 수신하는 단계, 상기 두 개의 정지 화상들 중 제1 정지 화상과 제2 정지 화상 각각에 제어점들을 설정하는 단계, DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘을 이용하여, 상기 제1 정지 화상의 제어점들과 상기 제2 정지 화상의 제어점들로부터 DLT 파라미터들을 추출하는 단계, 및 상기 DLT 파라미터들을 이용하여, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들 상의 관심 지점의 삼차원 좌표 정보를 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013AAA0111

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국 과학 창의 재단

연구사업명 2013 청년 과학 융합 창업 아이디어 창출 활동

연구과제명 DSLR 카메라를 이용한 건축물 3D 계측

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2013.05.02 ~ 2013.12.31

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 계측 대상을 서로 다른 방향에서 촬영한 적어도 두 개의 정지 화상들을 수신하는 단계;

(b) 상기 두 개의 정지 화상들 중 제1 정지 화상과 제2 정지 화상 각각에 제어점들을 설정하는 단계;

(c) DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘을 이용하여, 상기 제1 정지 화상의 제어점들과 상기 제2 정지 화상의 제어점들로부터 DLT 파라미터들을 추출하는 카메라 캘리브레이션(camera calibration) 단계; 및

(d) 상기 DLT 파라미터들을 이용하여, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들의 관심 지점의 삼차원 좌표 정보를 생성하는 단계를 포함하고,

상기 제어점들 각각의 삼차원 절대 좌표는 미리 저장되고,

상기 (c) 단계는,

상기 제1 정지 화상의 제어점들 각각의 좌표와 상기 제2 정지 화상의 제어점들 각각의 좌표를 포함하는 제1 좌표군을 설정하는 단계;

상기 제1 정지 화상의 제어점들 각각으로부터 일정 범위 내의 임의의 점을 추출하고, 상기 제2 정지 화상의 제어점들 각각으로부터 일정 범위 내의 임의의 점을 추출함으로써, 적어도 두 개의 추가 좌표군들을 설정하는 단계;

상기 적어도 2 개의 추가 좌표군들 내에 포함된 좌표들 중 일부를 서로 교환하여 교배된 좌표군들을 생성하는 단계;

상기 DLT 알고리즘을 이용하여 상기 제1 좌표군과 상기 교배된 좌표군들 각각에 대응하는 삼차원 좌표를 복원하는 단계;

상기 제1 좌표군과 상기 교배된 좌표군들 중 상기 제어점들 각각의 삼차원 절대 좌표와 비교하여 가장 작은 평균 오차를 갖는 좌표군을 엘리트 좌표군으로 설정하는 단계; 및

상기 엘리트 좌표군의 평균 오차가 미리 정해진 평균 오차보다 작은 경우 카메라 캘리브레이션을 종료하는 단계를 포함하는,

삼차원 형상 계측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들을 USB(Universal Serial Bus) 메모리와 메모리 카드를 포함하는 데이터 저장 장치로부터 수신하는, 삼차원 형상 계측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

상기 제1 정지 화상과 상기 제2 정지 화상을 디스플레이하는 단계; 및

상기 제1 정지 화상과 상기 제2 정지 화상 내의, 상기 제어점들 각각을 설정하기 위한 사용자 입력을 수신하는 단계를 포함하는, 삼차원 형상 계측 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 디스플레이하는 단계는,

상기 제1 정지 화상 또는 상기 제2 정지 화상의 일부 영역을 확대하여 디스플레이 하는 단계를 포함하는, 삼차원 형상 계측 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

계측 대상을 서로 다른 방향에서 촬영한 적어도 두 개의 정지 화상들을 수신하는 송수신 모듈;

상기 두 개의 정지 화상들 중 제1 정지 화상과 제2 정지 화상 각각에 제어점들을 설정하고, DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘을 이용하여, 상기 제1 정지 화상의 제어점들과 상기 제2 정지 화상의 제어점들로부터 DLT 파라미터들을 추출하는 캘리브레이션 모듈; 및

상기 DLT 파라미터들을 이용하여, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들 상의 관심 지점의 삼차원 좌표 정보를 생성하는 계측 모듈을 포함하고,

상기 캘리브레이션 모듈은,

상기 제1 정지 화상의 제어점들 각각의 좌표와 상기 제2 정지 화상의 제어점들 각각의 좌표를 포함하는 제1 좌표군을 설정하고,

상기 제1 정지 화상의 제어점들 각각으로부터 일정 범위 내의 임의의 점을 추출하고, 상기 제2 정지 화상의 제어점들 각각으로부터 일정 범위 내의 임의의 점을 추출함으로써, 적어도 두 개의 추가 좌표군들을 설정하고,

상기 적어도 2 개의 추가 좌표군들 내에 포함된 좌표들 중 일부를 서로 교환하여 교배된 좌표군들을 생성하고,

상기 DLT 알고리즘을 이용하여 상기 제1 좌표군과 상기 교배된 좌표군들 각각에 대응하는 삼차원 좌표를 복원하고,

상기 제1 좌표군과 상기 교배된 좌표군들 중 상기 제어점들 각각의 삼차원 절대 좌표와 비교하여 가장 작은 평균 오차를 갖는 좌표군을 엘리트 좌표군으로 설정하고,

상기 엘리트 좌표군의 평균 오차가 미리 정해진 평균 오차보다 작은 경우 카메라 캘리브레이션을 종료하는,

삼차원 형상 계측 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 송수신 모듈은, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들을 USB(Universal Serial Bus) 메모리와 메모리 카드를 포함하는 데이터 저장 장치로부터 수신하는, 삼차원 형상 계측 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 캘리브레이션 모듈은, 상기 제1 정지 화상과 상기 제2 정지 화상을 디스플레이하고, 상기 제1 정지 화상과 상기 제2 정지 화상 내의, 상기 제어점들 각각을 설정하기 위한 사용자 입력을 수신함으로써, 상기 제어점들을 설정하는, 삼차원 형상 계측 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 캘리브레이션 모듈은,

상기 제1 정지 화상 또는 상기 제2 정지 화상의 일부 영역을 확대하여 디스플레이하는, 삼차원 형상 계측 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 삼차원 형상 계측 장치에 관한 것으로, 특히 레퍼런스 모델을 대상으로 한 별도의 촬영 과정을 수행하지 않고, 계측 대상의 삼차원 형상을 계측할 수 있는 삼차원 형상 계측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 삼차원 계측 기술은 가상 공간인 영화, 게임뿐만 아니라 디스플레이, 모션 인식 분야에서 널리 활용되고 있다. 현재 삼차원 계측 관련 기술을 경험하기 위해서는 특수한 장비가 필요하여 삼차원 계측 기술의 보편화에 어려움을 겪고 있다. 최근에, 삼차원 계측 기술을 보편화하기 위해서, 보다 쉽고 간단한 혁신적인 삼차원 계측 기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 특히, 카메라 영상 기반 삼차원 계측 기술은 건설 공사 현장에서 유용하게 활용될 수 있는 기술이다. 건설 공사 현장에서 삼차원 변위계측은 필수적인 안전 진단 및 모니터링 작업이다. 이를 수행하는데 있어서 일반적인 변위 센서와 이를 유선으로 연결한 데이터 전송 및 처리는 건설 공사 현장에서 실제 적용하기 불편한 점들이 많다. 카메라 영상 기반의 비접촉 실시간 또는 주기적인 공사 현장 안전 진단 계측 기술은 기존의 유선 센서 계측에 비해 편리성과 비용 면에서 우수성을 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2009-0078447호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적인 과제는 별도의 레퍼런스 모델을 촬영하지 않고, 단일의 카메라를 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행하고 계측 대상의 삼차원 형상을 계측할 수 있는 삼차원 형상 계측 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 실시 예에 따른 삼차원 형상 계측 방법은, 계측 대상을 서로 다른 방향에서 촬영한 적어도 두 개의 정지 화상들을 수신하는 단계, 상기 두 개의 정지 화상들 중 제1 정지 화상과 제2 정지 화상 각각에 제어점들을 설정하는 단계, DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘을 이용하여, 상기 제1 정지 화상의 제어점들과 상기 제2 정지 화상의 제어점들로부터 DLT 파라미터들을 추출하는 단계, 및 상기 DLT 파라미터들을 이용하여, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들 상의 관심 지점의 삼차원 좌표 정보를 생성하는 단계를 포함한다.

[0007] 또한, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 삼차원 형상 계측 장치는, 계측 대상을 서로 다른 방향에서 촬영한 적어도 두 개의 정지 화상들을 수신하는 송수신 모듈, 상기 두 개의 정지 화상들 중 제1 정지 화상과 제2 정지 화상 각각에 제어점들을 설정하고, DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘을 이용하여, 상기 제1 정지 화상의 제어점들과 상기 제2 정지 화상의 제어점들로부터 DLT 파라미터들을 추출하는 캘리브레이션 모듈, 및 상기 DLT 파라미터들을 이용하여, 상기 적어도 두 개의 정지 화상들 상의 관심 지점의 삼차원 좌표 정보를 생성하는 계측 모듈을 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 실시 예에 따른 삼차원 형상 계측 방법은 레퍼런스 모델을 촬영한 별도의 정지 영상 없이 카메라 캘리브레이션을 수행할 수 있는 효과가 있다.

[0009] 또한, 상기 삼차원 형상 계측 방법은 DLT(Direct Linear Transform) 알고리즘에 유전 알고리즘(gentic algorithm)을 적용하여 카메라 캘리브레이션의 신뢰도를 높일 수 있는 효과가 있다.

[0010] 또한, 상기 삼차원 형상 계측 방법은 단일의 카메라를 이용하여 계측 대상의 삼차원 형상 정보를 계측할 수 있어 건설 현장에서 유용하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 본 발명의 상세한 설명에서 인용되는 도면을 보다 충분히 이해하기 위하여 각 도면의 상세한 설명이 제공된다.

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 삼차원 형상 계측 시스템을 도시한다.

도 2는 도 1에 도시된 계측 장치의 기능 블록도이다.

도 3a는 도 2에 도시된 캘리브레이션 모듈에 의한 카메라 캘리브레이션을 설명하기 위한 도면으로서 물체 공간 좌표계와 투영 중심을 도시한다.

도 3b는 도 2에 도시된 캘리브레이션 모듈에 의한 카메라 캘리브레이션을 설명하기 위한 도면으로서 카메라 공간 좌표계와 투영 중심을 도시한다.

도 4a는 유전 알고리즘을 이용한 카메라 캘리브레이션 과정을 설명하기 위한 도면으로서, 계측 대상을 제1 방향에서 촬영한 정지 화상이다.

도 4b는 유전 알고리즘을 이용한 카메라 캘리브레이션 과정을 설명하기 위한 도면으로서, 계측 대상을 제2 방향에서 촬영한 정지 화상이다.

도 5는 디스플레이되는 정지 화상으로부터 사용자 입력을 수신하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도 1에 도시된 삼차원 형상 계측 시스템을 이용한 삼차원 형상 계측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0013] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0014] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0015] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0016] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0017] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를

갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0018] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 삼차원 형상 계측 시스템을 도시한다.

[0020] 도 1은 참조하면, 삼차원 형상 계측 시스템(10)은 적어도 하나의 촬상 장치(100)와 계측 장치(300)를 포함한다.

[0021] 촬상 장치(100)는 계측 대상을 촬영하여 상기 계측 대상에 대한 정지 화상(still image)을 생성할 수 있다. 즉, 촬상 장치(100)는 상기 계측 대상을 서로 다른 각도에서 촬영한 적어도 2 개의 정지 화상들을 생성할 수 있다. 상기 계측 대상은 건물(20), 자동차, 나무, 등을 포함할 수도 있고, 건물(20), 상기 자동차, 상기 나무 등을 제외한 주변 배경을 포함할 수도 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 상기 계측 대상은 상기 적어도 2 개의 정지 화상들 각각에 공통적으로 포함되어 있는 임의의 지점일 수도 있으며 소정의 영역일 수도 있다.

[0022] 또한, 본 발명이 촬상 장치(100)의 갯수에 제한되는 것은 아니나, 본 발명은 단일의 촬상 장치(100)만을 이용하여 상기 계측 대상의 삼차원 정보 또는 삼차원 형상 정보를 획득할 수 있다. 촬상 장치(100)는 상기 계측 대상에 대한 디지털 정지 화상을 생성할 수 있는 장치로서, 디지털 카메라(digital camera), DSLR(digital single-lens reflex camera), 또는 미러리스 카메라(mirrorless camera)로 구현될 수 있다. 실시 예에 따라, 촬상 장치(100)는 촬영 기능을 갖는 휴대폰(mobile phone), 스마트폰(smart phone), 태블릿 PC(tablet PC) 등으로 구현될 수도 있다.

[0023] 계측 장치(300)는 촬상 장치(100)에 의해 생성된 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 유무선 통신 망을 통하여 수신하고, 수신된 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 통해, 카메라 캘리브레이션(camera calibration)을 수행한 후, 상기 계측 대상에 대한 삼차원 좌표 정보를 생성함으로써, 상기 계측 대상의 삼차원 형상을 계측할 수 있다. 계측 장치(300)는 DLT(direct linear transform) 알고리즘을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행하고 상기 계측 대상에 대한 삼차원 좌표 정보를 생성할 수 있다.

[0024] 실시 예에 따라, 계측 장치(300)는 상기 적어도 2 개의 정지 화상이 저장된 데이터 저장 장치(data storage device), 예컨대 메모리 카드(memory card), 메모리 스틱(memory stick), 또는 USB(universal serial bus) 메모리 등으로부터 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 수신할 수도 있다.

[0025] 계측 장치(300)는 PC(personal computer), 태블릿 PC(tablet PC), 노트북(notebook), 넷-북(net-book)과 같은 데이터 처리 장치(data processing device)로 구현될 수 있다.

[0026] 상기와 같이, 본 발명은 상기 적어도 2 개의 정지 화상 내에 포함된 적어도 8개의 지점에 대한 삼차원 절대 좌표 정보를 알고 있는 물체, 예컨대 건물(20)을 레퍼런스 모델로 설정하여, 카메라 캘리브레이션을 수행하기 때문에 레퍼런스 모델을 대상으로 한 추가적인 촬영 과정은 생략될 수 있다. 즉 본 발명은 계측 대상을 촬영한 적어도 2 개의 정지 화상을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행할 수 있음은 물론, 카메라 캘리브레이션 결과를 이용하여 상기 적어도 2 개의 정지 화상 내에 포함되는 임의의 계측 대상에 대한 삼차원 좌표 정보를 생성함으로써, 계측 대상의 삼차원 형상을 계측할 수 있다. 또한, 상기 레퍼런스 모델은 단일의 물체이거나 건물일 필요는 없으나, 삼차원 절대 좌표 정보를 알고 있는 적어도 8 개의 제어점들을 포함하고 있어야 함은 자명하다.

[0027] 도 2는 도 1에 도시된 계측 장치의 기능 블록도이다.

[0028] 도 2를 참조하면, 계측 장치(300)는 송수신 모듈(310), 캘리브레이션 모듈(330), 및 계측 모듈(350)을 포함한다. 실시 예에 따라, 계측 장치(300)는 디스플레이(370)와 입력 장치(390)를 더 포함할 수 있다.

[0029] 송수신 모듈(310)은 촬상 장치(100)에 의해 생성된 적어도 2 개의 정지 화상들을 유무선 통신망을 통하여 수신할 수 있다. 실시 예에 따라, 송수신 모듈(310)은 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 데이터 저장 장치, 예컨대 메모리 카드로부터 수신할 수도 있다.

[0030] 캘리브레이션 모듈(330)은 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행한다. 카메라 캘리브레이션이란 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 촬영한 카메라, 즉 촬상 장치(100)의 절대 위치를 정하는 것을 의미한다. 이때, 캘리브레이션 모듈(330)은 DLT 알고리즘(direct linear transform algorithm)을 통하여 카메라 캘리브레이션을 수행할 수 있다. 또한, 캘리브레이션 모듈(330)은 카메라 캘리브레이션의 정확도를 높이기 위하여 추가적으로 유전 알고리즘(genetic algorithm)을 이용할 수도 있다. 캘리브레이션 모듈(330)은 카메라 캘리브레이션을 수행하여 DLT 파라미터들을 생성할 수 있다.

- [0031] 계측 모듈(350)은 캘리브레이션 모듈(330)에 의해 생성된 DLT 파라미터들을 이용하여, 계측 대상에 관한 삼차원 좌표 정보를 생성할 수 있다. 즉, 계측 모듈(350)은 상기 계측 대상의 임의의 위치에 대한 삼차원 좌표를 생성함으로써, 상기 계측 대상의 삼차원 형상을 계측할 수 있다. 구체적으로, 계측 모듈(350)은 각각의 정지 화상들 상에서 삼차원 좌표를 생성하고자 하는 지점의 위치를 소정의 입력 장치(390)를 통하여 수신할 수 있다. 또한 계측 모듈(350)은 DLT 알고리즘을 이용하여 각각의 정지 화상들 상의 특정 지점에 관한 삼차원 좌표를 복원(또는 생성)할 수 있다.
- [0032] 디스플레이(370)는 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 디스플레이하기 위해 이용될 수 있다. 상기 적어도 2 개의 정지 화상들은 디스플레이(370) 상에서 동시에 또는 순차적으로 디스플레이될 수 있다. 상기 적어도 2 개의 정지 화상들이 디스플레이(370) 상에 디스플레이됨으로써, 사용자는 상기 적어도 2 개의 정지 화상 내의 임의의 점들을 설정할 수 있다. 캘리브레이션 모듈(330)은 제어점(control point) 설정에 필요한 사용자 입력을 수신하기 위해 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 디스플레이(370) 상에 디스플레이할 수 있다. 또한, 계측 모듈(350)은 삼차원 좌표 정보를 알고자 하는 지점에 대응하는 사용자 입력을 수신하기 위해 상기 적어도 2 개의 정지 화상들을 디스플레이(370) 상에 디스플레이할 수 있다.
- [0033] 입력 장치(390)는 계측 장치(300)에 포함된 각각의 구성들의 동작을 제어하기 위한 제어 신호 또는 상기 각각의 구성들에 의하여 처리될 데이터를 입력할 수 있는 장치로서, 터치패드(touch pad)와 컴퓨터 마우스(computer mouse)와 같은 포인팅 장치(pointing device), 키패드(keypad) 또는 키보드(keyboard)로 구현될 수 있다.
- [0034] 도 2에 도시된 계측 장치(300)의 구성들 각각은 기능 및 논리적으로 분리될 수 있음으로 나타내는 것이며, 반드시 각각의 구성이 별도의 물리적 장치로 구분되거나 별도의 코드로 작성됨을 의미하는 것이 아님을 본 발명의 기술분야의 평균적 전문가가 용이하게 추론할 수 있을 것이다.
- [0035] 또한, 본 명세서에서 모듈이라 함은, 본 발명의 기술적 사상을 수행하기 위한 하드웨어 및 상기 하드웨어를 구동하기 위한 소프트웨어의 기능적, 구조적 결합을 의미할 수 있다. 예컨대, 상기 모듈은 소정의 코드와 상기 소정의 코드가 수행되기 위한 하드웨어 리소스의 논리적인 단위를 의미할 수 있으며, 반드시 물리적으로 연결된 코드를 의미하거나, 한 종류의 하드웨어를 의미하는 것이 아니다.
- [0036] 도 3a는 도 2에 도시된 캘리브레이션 모듈에 의한 카메라 캘리브레이션을 설명하기 위한 도면으로서 물체 공간 좌표계와 투영 중심을 도시하고, 도 3b는 도 2에 도시된 캘리브레이션 모듈에 의한 카메라 캘리브레이션을 설명하기 위한 도면으로서 카메라 공간 좌표계와 투영 중심을 도시한다.
- [0037] 도 3a와 도 3b를 참조하면, d는 촬상 장치(100), 예컨대 카메라의 유효 초점 거리로서, 투영 중심(projection center; N)으로부터 이미지 평면(image plane)까지의 거리를 의미하고, 물체 공간 좌표계 상에서의 물체(O)의 좌표는 $[x, y, z]$ 로 표현될 수 있고, 물체 공간 좌표계 상에서의 투영 중심(N)의 좌표는 $[x_0, y_0, z_0]$ 로 표현될 수 있고, 카메라 공간 좌표계 상에서 물체(I)의 좌표는 $[u, v, 0]$ 로 표현될 수 있고, 카메라 공간 좌표계 상에서 투영 중심(N)의 좌표는 $[u_0, v_0, d]$ 로 표현될 수 있다.
- [0038] 카메라 공간 좌표계 상에서 이미지 평면 상의 주점(principle point; P)의 좌표는 $[u_0, v_0, 0]$ 로 표현될 수 있으므로, 벡터 B는 $[u-u_0, v-v_0, -d]$ 가 된다. 또한, 벡터 A와 벡터 B는 $B=cA$ (c는 비례 계수)의 관계를 만족하므로, 아래와 같은 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학식 1

$$A^{(I)} = T_{(I/O)} \times A^{(O)} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \times A^{(O)}$$

[0039]

[0040] 수학식 1에서 $A^{(I)}$ 는 카메라 공간 상에서 벡터 A를 의미하고, $A^{(O)}$ 는 물체 공간 상에서 벡터 A를 의미하고, $T_{(I/O)}$ 는 물체 공간 좌표계의 좌표를 카메라 공간 좌표계의 좌표로 변환하기 위한 변환 행렬을 의미한다.

[0041] 수학식 1을 풀어쓰면, 다음과 같이 수학식 2를 거쳐 수학식 3을 얻을 수 있다.

수학식 2

$$\begin{pmatrix} u - u_0 \\ v - v_0 \\ -d \end{pmatrix} = c \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ z - z_0 \end{pmatrix}$$

수학식 3

$$\begin{aligned} u - u_0 &= c[r_{11}(x - x_0) + r_{12}(y - y_0) + r_{13}(z - z_0)] \\ v - v_0 &= c[r_{21}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{23}(z - z_0)] \\ -d &= c[r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)] \end{aligned}$$

수학식 3의 세번째 식으로부터 비례 계수(c)는 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$c = \frac{-d}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)}$$

또한, 수학식 4와 수학식 3으로부터 수학식 5를 얻을 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} u - u_0 &= -d \frac{r_{11}(x - x_0) + r_{12}(y - y_0) + r_{13}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)} \\ v - v_0 &= -d \frac{r_{21}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{23}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)} \end{aligned}$$

수학식 5에서 u, v, u₀, v₀는 이미지 평면 상에서의 좌표이므로 사용자가 화면상에서 보는 디지털화된 좌표와는 상이하다. 디지털화된 데이터와 실생활의 이미지 평면 상에서의 데이터가 서로 다르다고 가정할 때, 비율 계수 (λ_u, λ_v)를 이용하면, u-u₀는 λ_u(u-u₀)로 표현되고, v-v₀는 λ_v(v-v₀)로 표현될 수 있다.

이를 이용하여 수학식 5를 다시 표현하면 아래의 수학식 6을 얻을 수 있다.

수학식 6

$$u - u_0 = - \frac{d}{\lambda_u} \frac{r_{11}(x - x_0) + r_{12}(y - y_0) + r_{13}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)}$$

$$v - v_0 = - \frac{d}{\lambda_v} \frac{r_{21}(x - x_0) + r_{22}(y - y_0) + r_{23}(z - z_0)}{r_{31}(x - x_0) + r_{32}(y - y_0) + r_{33}(z - z_0)}$$

수학식 6을 u 와 v 에 관하여 x , y , 및 z 의 계수별로 다시 정리하면, 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

$$u = \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

$$v = \frac{L_5 + L_6 y + L_7 + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

이때, 수학식 7을 표준 삼차원 DLT 방정식이라 하고, 11개의 표준 DLT 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

$$L_1 = \frac{u_0 r_{31} - d_u r_{11}}{D}$$

$$L_2 = \frac{u_0 r_{32} - d_u r_{12}}{D}$$

$$L_3 = \frac{u_0 r_{33} - d_u r_{13}}{D}$$

$$L_4 = \frac{(d_u r_{11} - u_0 r_{31})x_0 + (d_u r_{12} - u_0 r_{32})y_0 + (d_u r_{13} - u_0 r_{33})z_0}{D}$$

$$L_5 = \frac{u_0 r_{31} - d_v r_{21}}{D}$$

$$L_6 = \frac{u_0 r_{32} - d_v r_{22}}{D}$$

$$L_7 = \frac{u_0 r_{33} - d_v r_{23}}{D}$$

$$L_8 = \frac{(d_v r_{21} - v_0 r_{31})x_0 + (d_v r_{22} - v_0 r_{32})y_0 + (d_u)z_0}{D}$$

$$L_9 = \frac{r_{31}}{D}$$

$$L_{10} = \frac{r_{32}}{D}$$

$$L_{11} = \frac{r_{33}}{D}$$

여기서, $[d_u, d_v] = [d/\lambda_u, d/\lambda_v]$ 이고, $D = -(x_0 r_{31} + y_0 r_{32} + z_0 r_{33})$ 이다.

추가적으로 카메라 광학계의 수차(aberration) 오차($\Delta u, \Delta v$)를 고려하기 위해 5개의 추가적인 파라미터($L_{12}, \dots, L_{16}$)가 이용된다. 카메라 이미지 평면의 좌표(u, v)와 물체 공간의 좌표(x, y, z)의 관계는 다음과 같다.

$$u - \Delta u = \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 z + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

$$v - \Delta v = \frac{L_5 x + L_6 y + L_7 z + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1}$$

또한, 수차 오차($\Delta u, \Delta v$)는 다음과 같이 주어진다.

$$\Delta u = \zeta (L_{12} r^2 + L_{13} r^4 + L_{14} r^6) + L_{15} (r^2 + 2\zeta^2) + L_{16} \zeta \eta$$

$$\Delta v = \eta (L_{12} r^2 + L_{13} r^4 + L_{14} r^6) + L_{15} \eta \zeta + L_{16} (r^2 + 2\eta^2)$$

여기서, $(\zeta, \eta) = (u - u_0, v - v_0)$ 이고, $r^2 = \zeta^2 + \eta^2$ 이다.

또한, L_{12}, L_{13} 및 L_{14} 를 3차, 5차 및 7차 광학왜곡항, L_{15} 와 L_{16} 을 de-centering 왜곡항이라고 한다.

DLT 알고리즘을 이용할 경우, 삼차원 좌표 정보는 아래의 수학식 8을 이용하여 얻어질(복원될) 수 있다.

수학식 8

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v^{(1)} L_9^{(1)} - L_1^{(1)} & v^{(1)} L_{10}^{(1)} - L_2^{(1)} & v^{(1)} L_{11}^{(1)} - L_3^{(1)} \\ w^{(1)} L_9^{(1)} - L_5^{(1)} & w^{(1)} L_{10}^{(1)} - L_6^{(1)} & w^{(1)} L_{11}^{(1)} - L_7^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ v^{(m)} L_9^{(m)} - L_1^{(m)} & v^{(m)} L_{10}^{(m)} - L_2^{(m)} & v^{(m)} L_{11}^{(m)} - L_3^{(m)} \\ w^{(m)} L_9^{(m)} - L_5^{(m)} & w^{(m)} L_{10}^{(m)} - L_6^{(m)} & w^{(m)} L_{11}^{(m)} - L_7^{(m)} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} L_4^{(1)} - v^{(1)} \\ L_8^{(1)} - w^{(1)} \\ \vdots \\ L_4^{(m)} - v^{(m)} \\ L_8^{(m)} - w^{(m)} \end{pmatrix}$$

여기서, $[v, w] = [u - \Delta u, v - \Delta v]$ 이고, $m(m \geq 2)$ 은 카메라의 갯수 또는 하나의 카메라로 촬영한 정지 화상의 갯수를 의미한다.

이와 같은 DLT 알고리즘은 캘리브레이션 모듈(330)이 카메라 캘리브레이션을 수행하거나 계측 모듈(370)이 계측

대상의 삼차원 좌표 정보를 생성할 때 이용된다.

[0076] 상술한 바와 같이, 본 발명은 DLT 알고리즘을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행하나, 예시된 DLT 알고리즘에 본 발명의 권리범위가 제한되는 것은 아니며, 예시된 DLT 알고리즘의 다양한 변형 예가 있음은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 자명하게 이해할 것이다.

[0077] 또한, 상기와 같은 과정을 통하여 수행되는 카메라 캘리브레이션의 경우, 부정확한 사용자의 입력으로 인하여 정확도가 떨어질 수 있는 문제점이 있다. 따라서, 본 발명은 카메라 캘리브레이션의 정확도를 높이기 위하여, 유전 알고리즘을 추가적으로 적용할 수 있다.

[0078] 도 4a는 유전 알고리즘을 이용한 카메라 캘리브레이션 과정을 설명하기 위한 도면으로서, 계측 대상을 제1 방향에서 촬영한 정지 화상이고, 도 4b는 유전 알고리즘을 이용한 카메라 캘리브레이션 과정을 설명하기 위한 도면으로서, 계측 대상을 제2 방향에서 촬영한 정지 화상이다.

[0079] 도 4a와 도 4b를 참조하면, 카메라 캘리브레이션을 수행하기 위해서는 삼차원 좌표를 아는 적어도 8쌍의 제어점(control point)들 또는 조절점들을 설정할 필요가 있다. 즉, 제1 방향, 예컨대 좌측 방향에서 촬영된 제1 정지 화상(IMG1)에서의 8개의 제어점들(P11 내지 P18)과 제2 방향, 예컨대 우측 방향에서 촬영된 제2 정지 화상(IMG2)에서의 8개의 제어점들(P21 내지 P28)을 설정할 필요가 있다. 이때, 제어점들(P11 내지 P18) 각각은 제어점들(P21 내지 P28) 중 어느 하나와 대응된다. 제어점들(P11 내지 P28) 중 대응되는 제어점들은 계측 대상(20)에서 동일한 지점을 각 정지 화상에서 표현하는 점들로 이해할 수 있다.

[0080] 예컨대, 제어점들(P11 내지 P28) 각각에 대응하는 삼차원 절대 좌표는 표 1과 같이 정리될 수 있다. 제어점들(P11 내지 P28) 각각의 삼차원 절대 좌표는 예컨대, 계측 대상(20)의 설계도를 통하거나 실측을 통하여 획득될 수 있다. 상기 제어점들(P11 내지 P28) 각각의 삼차원 절대 좌표는 도시되지 않은 메모리 등에 미리 저장되어 있을 수 있으며, 실시 예에 따라서는 입력 장치(390)를 포함하는 소정의 입력 수단을 통하여 입력될 수도 있다.

표 1

제어점	삼차원 좌표
P11, P21	[0,0,0]
P12, P22	[150,150,18408]
P13, P23	[0,6600,14808]
P14, P24	[-5250,6750,17208]
P15, P25	[150,22050,18408]
P16, P26	[29550,-1050,25608]
P17, P27	[29400,-1800,3785]
P18, P28	[62550,150,18408]

[0082] 제어점들(P11 내지 P28)을 설정하기 위한 사용자 입력을 수신하기 위하여, 캘리브레이션 모듈(330)은 디스플레이(370)를 통하여 제1 정지 화상(IMG1)과 제2 정지 화상(IMG2)을 순차적으로 또는 동시에 디스플레이할 수 있다.

[0083] 사용자는 입력 장치(390)를 이용하여 제1 정지 화상(IMG1)과 제2 정지 화상(IMG2)의 제어점들을 설정할 수 있다. 예컨대, 상기 사용자는 제1 정지 화상(IMG1)에서 제어점들(P11 내지 P18)을 클릭하거나 터치함으로써, 제1 정지 화상(IMG1)에서의 제어점들(P11 내지 P18)을 설정할 수 있다. 또한, 상기 사용자는 제2 정지 화상(IMG2)에서 제어점들(P21 내지 P28)을 클릭하거나 터치함으로써, 제2 정지 화상(IMG2)에서의 제어점들(P21 내지 P28)을 설정할 수 있다.

[0084] 캘리브레이션 모듈(330)은 아래의 표 2와 같이, 상기 사용자로부터 입력된 제어점들(P11 내지 P28)의 좌표들을 제1 좌표군(A)으로 설정할 수 있다.

표 2

좌표군	좌표
A	x1,y1,x2,y2,x3,y3,x4,y4,x5,y5,x6,y6,x7,y7,x8,y8,x9,y9,x10,y10,x11,y11,x12,y12,x13,y13,x14,y14,x15,y15,x16,y16

[0086] 상기 표 2에서, x_1 과 y_1 은 제어점(P11)의 좌표이고, x_2 와 y_2 는 제어점(P12)의 좌표일 수 있다. 마찬가지로, x_9 와 y_9 는 제어점(P21)의 좌표이고, x_{10} 과 y_{10} 은 제어점(P22)의 좌표일 수 있다.

[0087] 캘리브레이션 모듈(330)은 사용자 입력에 기초한 제1 좌표군(A)으로부터 적어도 하나의 추가 좌표군을 생성하거나 설정할 수 있다. 즉, 캘리브레이션 모듈(330)은 설정된 제어점들(P11 내지 P28)로부터 일정 범위 내의 점들을 임의로 설정함으로써 적어도 하나의 추가 좌표군을 설정할 수 있다. 예컨대, 캘리브레이션 모듈(330)은 제1 정지 화상(IMG1) 내의 제어점(P11)으로부터 일정 범위(R) 내에 존재하는 임의의 점을 선택함으로써 좌표군(B) 내의 좌표($x'1$, $y'1$) 및 좌표군(C) 내의 좌표($x''1$, $y''1$)를 생성할 수 있다. 상기 일정 범위(R)는 제어점(P11)으로부터 특정 거리, 예컨대 특정 픽셀 수 내의 범위일 수 있다. 실시 예에 따라, 캘리브레이션 모듈(330)은 제어점으로부터 일정 범위(R)가 아닌, 제1 좌표군 내의 좌표로부터의 일정 범위 내의 좌표를 선택함으로써 좌표군(B 또는 C)을 생성할 수도 있다. 이 경우, 제1 정지 화상(IMG1) 상에 도시된 일정 범위(R)는 원이 아닌 정사각형 형태를 가질 것이다.

[0088] 캘리브레이션 모듈(330)에 의해 설정된 예시적인 좌표군은 아래의 표 3과 같다.

표 3

좌표군	좌표
A	$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5, x_6, y_6, x_7, y_7, x_8, y_8, x_9, y_9, x_{10}, y_{10}, x_{11}, y_{11}, x_{12}, y_{12}, x_{13}, y_{13}, x_{14}, y_{14}, x_{15}, y_{15}, x_{16}, y_{16}$
B	$x'1, y'1, x'2, y'2, x'3, y'3, x'4, y'4, x'5, y'5, x'6, y'6, x'7, y'7, x'8, y'8, x'9, y'9, x'10, y'10, x'11, y'11, x'12, y'12, x'13, y'13, x'14, y'14, x'15, y'15, x'16, y'16$
C	$x''1, y''1, x''2, y''2, x''3, y''3, x''4, y''4, x''5, y''5, x''6, y''6, x''7, y''7, x''8, y''8, x''9, y''9, x''10, y''10, x''11, y''11, x''12, y''12, x''13, y''13, x''14, y''14, x''15, y''15, x''16, y''16$

[0090] 표 3에서 추가적으로 생성된 좌표군(B와 C)의 갯수는 2개이지만, 본 발명의 권리 범위가 이에 제한되는 것은 아니다.

[0091] 좌표군 설정이 완료된 후, 캘리브레이션 모듈(330)은 추가적으로 생성된 좌표군(B와 C) 내의 좌표들 중 일부를 상호 교환(또는 교배)할 수 있다. 이와 같이 좌표들 중 일부를 상호 교환하는 과정을 교배 과정이라 명할 수 있다. 캘리브레이션 모듈(330)에 의해 교배된 좌표군은 아래의 표 4와 같다.

표 4

좌표군	좌표
A	$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5, x_6, y_6, x_7, y_7, x_8, y_8, x_9, y_9, x_{10}, y_{10}, x_{11}, y_{11}, x_{12}, y_{12}, x_{13}, y_{13}, x_{14}, y_{14}, x_{15}, y_{15}, x_{16}, y_{16}$
B	$x'1, y'1, x'2, y'2, x'3, y'3, x'4, y'4, x'5, y'5, x'6, y'6, x'7, y'7, x'8, y'8, x'9, y'9, x'10, y'10, x'11, y'11, x'12, y'12, x'13, y'13, x'14, y'14, x'15, y'15, x'16, y'16$
C	$x''1, y''1, x''2, y''2, x''3, y''3, x''4, y''4, x''5, y''5, x''6, y''6, x''7, y''7, x''8, y''8, x''9, y''9, x''10, y''10, x''11, y''11, x''12, y''12, x''13, y''13, x''14, y''14, x''15, y''15, x''16, y''16$

[0093] 표 4에서 좌표군(B)에 포함된 좌표들 중 일부($y'2$ 내지 $y'16$)는 좌표군(C)과 교환된 좌표들이고, 좌표군(C)에 포함된 좌표들 중 일부($y'2$ 내지 $y'16$)는 좌표군(B)과 교환된 좌표들이다. 상기와 같이, 교배 과정 또는 교환 과정을 수행하기 위해 추가적으로 생성된 개체군(B와 C)의 갯수는 짝수로 설정될 수 있다.

[0094] 교배 과정이 완료된 후, 캘리브레이션 모듈(330)은 추가적으로 각 좌표군(B와 C) 내에 포함된 좌표들 중 일부의 값을 변화시킬 수 있다. 이와 같이 각 좌표군(B와 C) 내에 포함된 좌표들 중 일부의 값을 변화시키는 과정을 돌연변이 발생 과정이라 명할 수 있다. 예컨대, 캘리브레이션 모듈(330)은 좌표군(B)에 포함된 좌표들 중 일부($y'1$, $y'2$, $x'3$, 및 $x'16$)의 값을 변화시킬 수 있다. 일 예로, 좌표군(B)에 포함된 좌표들 중 일부($y'1$, $y'2$, $x'3$, 및 $x'16$)에 관하여 임의 값을 더하거나 뺌으로써, 돌연변이를 발생시킬 수 있다. 이 때 상기 임의 값은 난수일 수도 있다. 돌연변이 발생 과정이 완료된 좌표군은 아래의 표 5와 같다.

표 5

개체군	좌표
A	$x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3, x_4, y_4, x_5, y_5, x_6, y_6, x_7, y_7, x_8, y_8, x_9, y_9, x_{10}, y_{10}, x_{11}, y_{11}, x_{12}, y_{12}, x_{13}, y_{13}, x_{14}, y_{14}, x_{15}, y_{15}, x_{16}, y_{16}$

B	$x'1, y'1, x'2, y'2, x'3, y'3, x'4, y'4, x'5, y'5, x'6, y'6, x'7, y'7, x'8, y'8, x'9, y'9, x'10, y'10, x'11, y'11, x'12, y'12, x'13, y'13, x'14, y'14, x'15, y'15, x'16, y'16$
C	$x'1, y'1, x'2, y'2, x'3, y'3, x'4, y'4, x'5, y'5, x'6, y'6, x'7, y'7, x'8, y'8, x'9, y'9, x'10, y'10, x'11, y'11, x'12, y'12, x'13, y'13, x'14, y'14, x'15, y'15, x'16, y'16$

- [0096] 이 때, 돌연변이가 발생할 확률은 교배될 확률보다 작을 수 있다.
- [0097] 돌연변이 발생 과정이 완료된 후, 캘리브레이션 모듈(330)은 좌표군들(A, B, 및 C) 각각에 DLT 알고리즘을 적용하여, 좌표군들(A, B, 및 C) 각각에 대한 DLT 파라미터들과 좌표군들(A, B, 및 C) 각각에 대한 제어점들(P11 내지 P28)의 삼차원 좌표를 산출(또는 복원)할 수 있다.
- [0098] 캘리브레이션 모듈(330)은 좌표군들(A, B, 및 C) 각각에 대해 복원된 삼차원 좌표들을 제어점들(P11 내지 P28)의 삼차원 절대 좌표와 비교하고, 평균 오차가 가장 작은 좌표군을 엘리트 좌표군으로 설정하고 카메라 캘리브레이션을 종료할 수 있다. 예컨대, 좌표군(A)의 평균 오차가 10Cm 이고, 좌표군(B)의 평균 오차가 5Cm이고, 좌표군(C)의 평균 오차가 20Cm 일 때, 캘리브레이션 모듈(330)은 좌표군(B)을 엘리트 좌표군으로 설정할 수 있다. 여기서 평균 오차는 복원된 삼차원 좌표와 삼차원 절대 좌표와의 차이의 평균을 의미할 수 있다. 이때, 오차의 의미를 명확히 반영하기 위하여, 평균 오차는 오차에 대한 절대값(absolute value)의 평균을 의미할 수 있다.
- [0099] 카메라 캘리브레이션을 보다 정확하게 수행하기 위하여, 캘리브레이션 모듈(330)은 추가적으로 상기 과정을 반복적으로 수행할 수 있다. 물론, 반복 과정은 제1 좌표군을 설정된 엘리트 좌표군으로 대체한 후 수행된다. 즉, 캘리브레이션 모듈(330)은 엘리트 좌표군(B)에 포함된 좌표들 각각으로부터 일정 범위(R) 내의 좌표들을 선택함으로써, 추가적인 좌표군을 설정할 수 있다. 또한, 캘리브레이션 모듈(330)은 상술된 바와 같이, 교배 과정과 돌연변이 발생 과정을 반복적으로 수행할 수 있다.
- [0100] 캘리브레이션 모듈(330)은 엘리트 좌표군의 평균 오차가 미리 설정된 값보다 작은 경우, 또는 작거나 같은 경우, 반복 과정을 중단할 수 있다.
- [0101] 그러나, 상기와 같은 반복 과정을 거치더라도, 엘리트 좌표군의 평균 오차가 미리 설정된 값보다 큰 특정 오차율보다 작아지지 않는 경우가 발생할 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션 모듈(330)은 일정 범위(R)의 값을 작게 설정한 후, 상기 과정을 반복할 수 있다.
- [0102] 이상에서 살펴본 바와 같이, 계측 장치(300)는 복원된 좌표와 삼차원 절대 좌표의 평균 오차가 가장 작은 좌표군을 이용하여 얻어진 DLT 파라미터들을 이용함으로써, 카메라 캘리브레이션의 정확도를 높일 수 있다.
- [0103] 도 5는 디스플레이되는 정지 화상으로부터 사용자 입력을 수신하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0104] 도 5를 참조하면, 디스플레이(370) 상에서 디스플레이되는 정지 화상 내에서 사용자가 의도하는 정확한 지점을 입력받기 위해서, 사용자의 입력은 입력 장치(390), 예컨대 컴퓨터 마우스, 터치 패드 또는 터치 스크린을 통하여 수신될 수 있다. 그러나, 다음과 같은 방법을 이용하면 상기 사용자의 입력을 보다 정확하게 수신할 수 있다.
- [0105] 예컨대, 사용자가 정지 화상(IMG2) 내의 제어점(P23)을 입력하고자 하는 경우, 캘리브레이션 모듈(330) 또는 계측 모듈(350)은 정지 화상(IMG2) 내의 제어점(P23)을 포함하는 일부 영역(IMG3)을 확대하여 디스플레이할 수 있다. 사용자는 확대되어 디스플레이된 일부 영역(IMG3) 상에서 제어점(P23)을 정확하게 설정할 수 있다.
- [0106] 일부 영역(IMG3)의 범위는 다각형, 예컨대 4각형으로 한정될 수 있다. 또한, 일부 영역(IMG3)의 범위를 한정하기 위해, 상기 다각형을 정의할 수 있는 적어도 2 개의 지점(P31과 P32)은 상기 사용자로부터 설정될 수 있다. 실시 예에 따라 상기 다각형은 원이나 타원을 의미할 수 있다. 이 경우, 상기 원이나 상기 타원을 정의할 수 있는 상기 원의 중심이나 상기 타원의 중심 및 상기 원이나 상기 타원의 크기에 대응하는 입력을 사용자로부터 수신할 수 있다.
- [0107] 구체적으로, 사용자는 디스플레이(370) 상에서 표현된 정지 화상(IMG2) 내의 제어점(P23)을 설정하기 위해, 제어점(P23)을 포함하는 일부 영역(IMG3)을 정의하는 4각형의 마주보는 두 개의 꼭지점을 지정함으로써 일부 영역(IMG3)을 설정할 수 있다. 일부 영역(IMG3)이 확대되어 디스플레이되면, 사용자는 확대된 일부 영역(IMG3)에서 정확한 제어점(P23)의 좌표를 용이하게 설정할 수 있다.
- [0108] 도 6은 도 1에 도시된 삼차원 형상 계측 시스템을 이용한 삼차원 형상 계측 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 6을 참조하여 설명하되, 이미 기술된 내용과 중복되는 내용을 생략하면 삼차원 형상 계측 방법은 다음과 같

다.

[0109] 송수신 모듈(310)은 적어도 2 개의 정지 화상을 수신한다(S100). 캘리브레이션 모듈(330)은 상기 적어도 2 개의 정지 화상을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행할 수 있다(S300). 카메라 캘리브레이션이 완료된 경우, 계측 모듈(350)은 상기 적어도 2 개의 정지 화상 내의 임의의 지점, 즉 상기 계측 대상의 임의의 지점에 대한 삼차원 좌표 정보를 생성할 수 있다(S500).

[0110] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0111] 10 : 삼차원 형상 계측 시스템

20 : 건물

100 : 촬상 장치

300 : 계측 장치

310 : 송수신 모듈

330 : 캘리브레이션 모듈

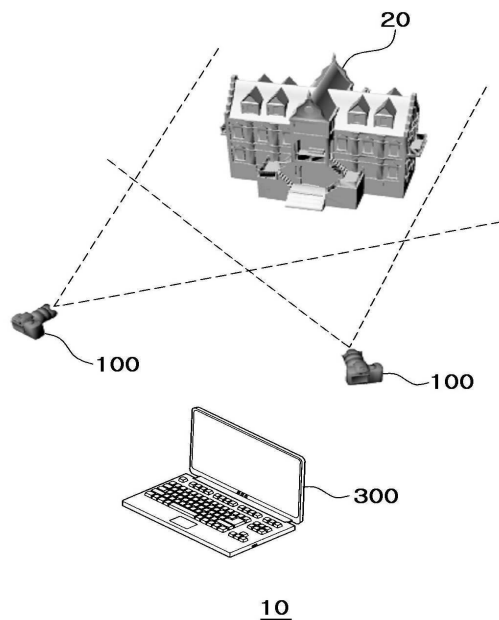
350 : 계측 모듈

370 : 디스플레이

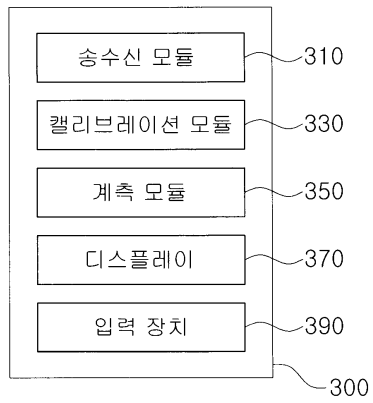
390 : 입력 장치

도면

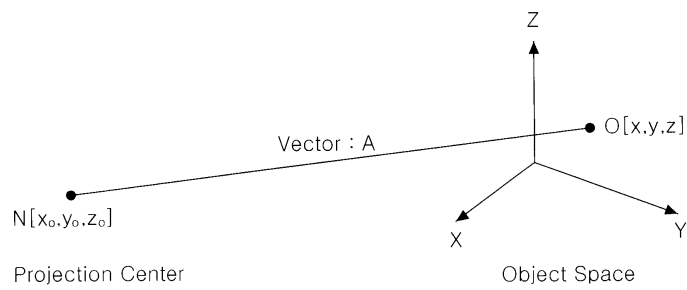
도면1



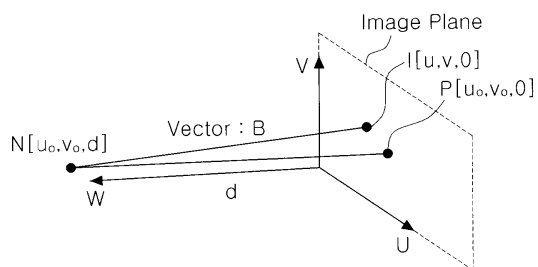
도면2



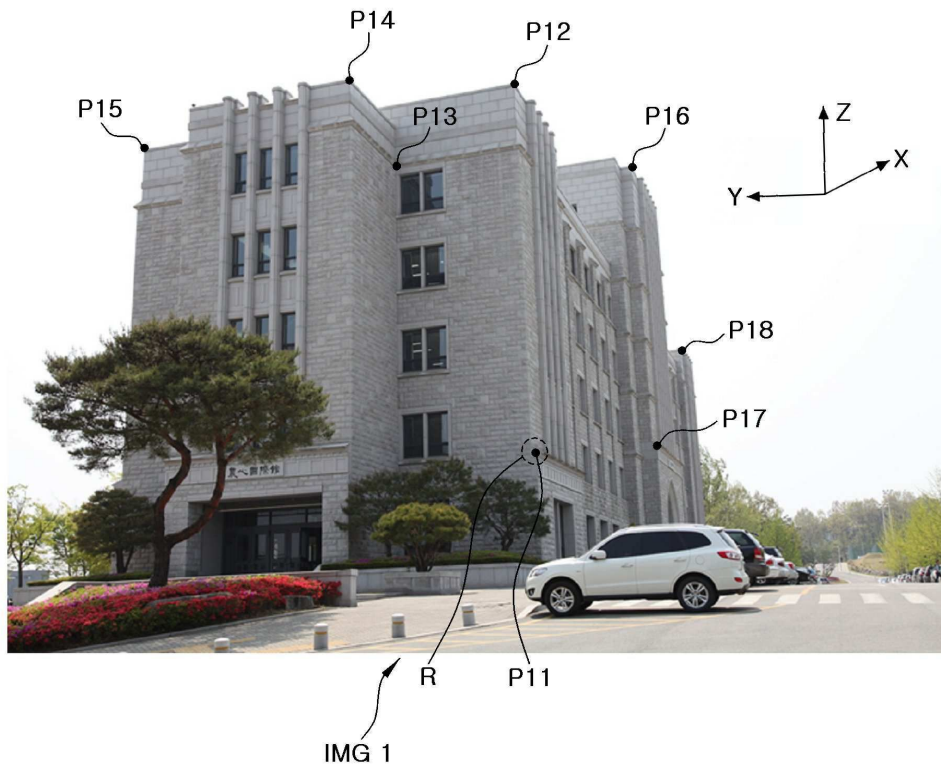
도면3a



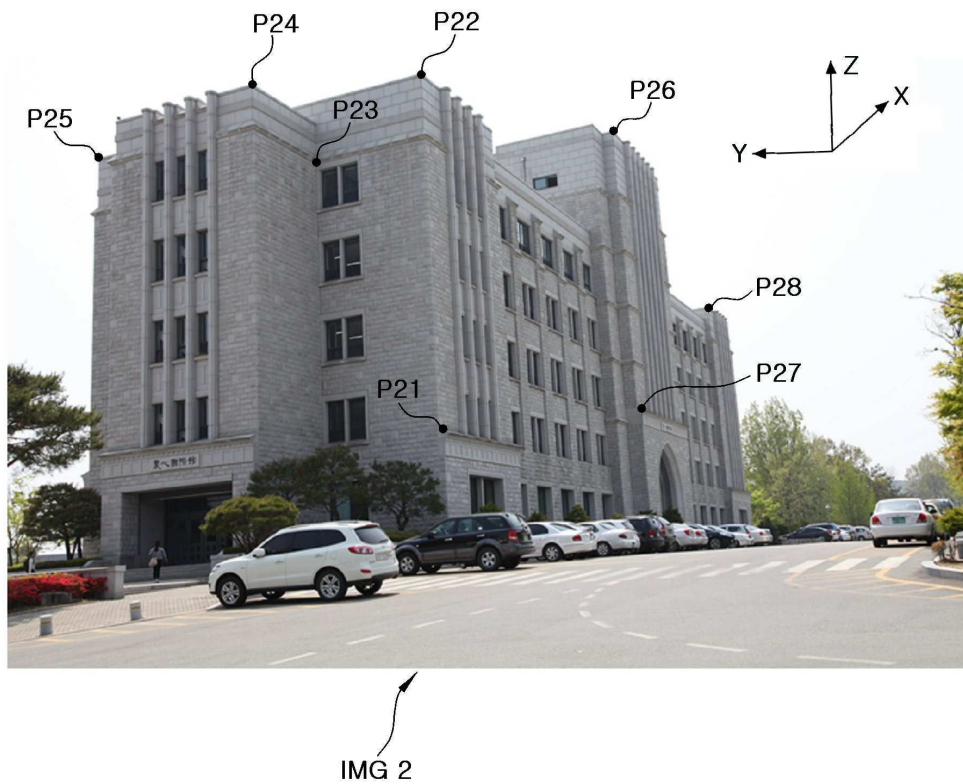
도면3b



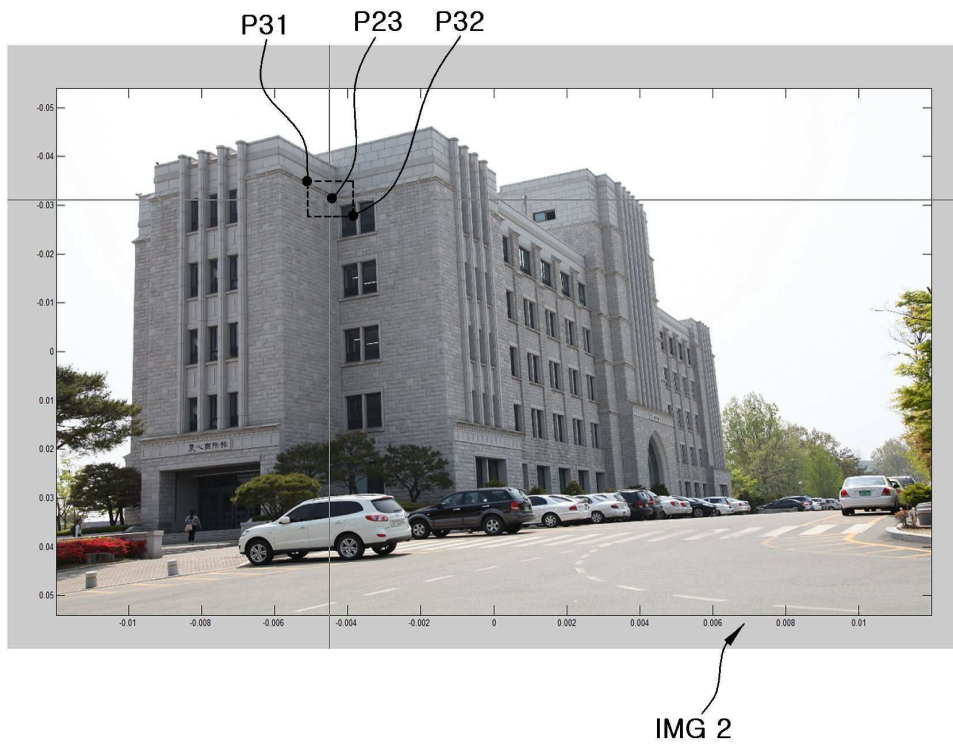
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b



도면6

