

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0024745 (43) 공개일자 2014년03월03일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01B 11/00 (2006.01) G01C 11/00 (2006.01)		(71) 출원인 인하대학교 산학협력단 인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(21) 출원번호 10-2012-0091294		(72) 발명자 신도형 서울특별시 송파구 올림픽로 435, 215동 803호 (신천동, 파크리오아파트)
(22) 출원일자 2012년08월21일 심사청구일자 2012년08월21일		정원조 서울특별시 송파구 올림픽로 99, 137동 2901호 (잠실동, 잠실엘스아파트) (뒷면에 계속)
		(74) 대리인 특허법인 충정

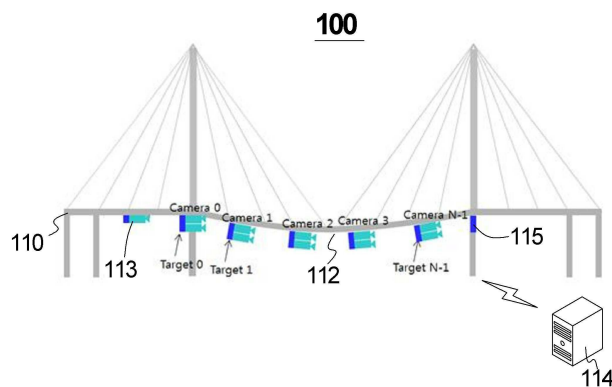
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 있어서, 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치된 각 카메라에서 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 과정과, 상기 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행하는 과정과, 상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 상기 획득된 영상에 대한 절대표정을 수행하는 과정과, 상기 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김상빈

인천광역시 부평구 부흥북로 41 (부평동)

강영중

서울특별시 강동구 고덕로 131, 118동 802호 (암사동, 강동롯데캐슬퍼스트아파트)

최준호

서울특별시 양천구 목동서로 130, 407동 802호 (목동, 목동신시가지아파트4단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10 기술혁신 E05

부처명 국토해양부

연구사업명 건설기술혁신사업

연구과제명 상태평가 기술 개발을 위한 계측시스템 적용 기술

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.15 ~ 2012.12.14

특허청구의 범위

청구항 1

구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 있어서,

구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치된 각 카메라에서 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 과정과,

상기 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행하는 과정과,

상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 상기 획득된 영상에 대한 절대 표정을 수행하는 과정과,

상기 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 캘리브레이션을 수행하는 과정은,

상기 타겟이 부착되어 일렬로 배치된 다수의 카메라를 레퍼런스 카메라(Reference Camera) 및 레퍼런스 타겟(Reference Camera) 사이에 위치시키고, 상기 레퍼런스 카메라를 이용하여 상기 각 카메라의 타겟 및 상기 레퍼런스 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 과정과,

상기 레퍼런스 카메라와 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬(Transformation Matrix)을 생성하는 과정과,

상기 레퍼런스 카메라를 통해 촬영된 영상에서 상기 카메라 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬을 생성하는 과정과,

상기 생성된 변환 행렬들을 이용하여 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 상기 타겟의 좌표로 변환하여 변환 행렬로 생성하여 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상에 대응하는 글로벌 좌표를 생성하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 변환 행렬은,

상기 인접 카메라의 타겟 촬영 시 해당 타겟에 다섯 개 이상의 점을 마킹하여 촬영된 영상의 모델 좌표를 통해 상기 마킹된 점의 위치를 인접 카메라의 타겟을 촬영한 카메라의 영상 모델 좌표 식별을 통해 생성됨을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 내부표정요소 산출은,

상기 영상 촬영을 통해 발생하는 왜곡을 보정하고, 상기 촬영된 오브젝트의 좌표를 카메라 투영중심을 원점으로 하는 좌표계로의 변환을 수행함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 상대표정요소 산출은,

한 쌍의 카메라 사이의 상대적인 경사관계를 설정하여 상기 촬영된 오브젝트에 대하여 중복되는 지역에서 동일 지점으로 판단되는 지점에 대한 매칭을 통해 차이를 소거하여 수행됨을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 절대표정은,

상기 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 획득된 3차원 상대좌표를 통해 산출된 변위를 실제변위로 변환함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 변위를 측정하는 과정은,

상기 기설정된 주기별 획득된 영상을 통해 해당 카메라가 설치된 지점의 변위 변화량을 인식하는 과정과,

상기 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라와 상대변위를 통해 상기 구조물의 최종 변위를 인식하는 과정을 포함함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법.

청구항 8

구조물 변위 측정 시스템에 있어서,

구조물에 설치된 레퍼런스 카메라와,

상기 레퍼런스 카메라와 대향하여 소정 거리를 두어 위치되는 레퍼런스 타겟과,

상기 레퍼런스 카메라 및 레퍼런스 타겟의 사이에 위치하고, 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치되어 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 다수의 카메라와,

네트워크를 통해 연결된 상기 각 카메라로부터 촬영 영상 정보를 수집하고, 상기 다수의 카메라를 식별하여 해당 카메라로부터 수집된 영상 정보를 매칭하여 관리하고, 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행하고, 상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 상기 획득된 영상에 대한 절대표정을 수행하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 제어서버를 포함함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 제어서버는,

상기 레퍼런스 카메라를 이용하여 상기 각 카메라의 타겟 및 상기 레퍼런스 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하도록 제어하고, 상기 레퍼런스 카메라와 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬(Transformation Matrix)을 생성하고, 상기 레퍼런스 카메라를 통해 촬영된 영상에서 상기 카메라 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬을 생성하고, 상기 생성된 변환 행렬들을 이용하여 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 상기 타겟의 좌표로 변환하여 변환 행렬로 생성하여 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상에 대응하는 글로벌 좌표를 생성함을 특징으로 하는 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 내부표정요소 산출은,

상기 영상 촬영을 통해 발생하는 왜곡을 보정하고, 상기 촬영된 오브젝트의 좌표를 카메라 투영중심을 원점으로 하는 좌표계로의 변환을 수행함을 특징으로 하는 구조물 변위 측정 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 스트레오 카메라를 일렬 배치하여 대형 구조물의 변위 측정에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 토목 또는 건축 구조물은 교통, 지진, 돌풍 등과 같은 외부 하중에 노출된다. 따라서 토목 또는 건축 구조물의 경우 합리적이고 정확한 설계 시공도 중요하지만, 구조물의 사용성을 최적의 상태로 유지하고 구조물의 수명을 연장시키기 위해서는 적절한 유지관리 업무가 매우 중요하다. 특히 최근에는 고층빌딩과 장대 교량과 같은 거대

구조물이 증가함에 따라 구조물 안전 진단 시스템의 중요성이 더욱 커졌다. 이러한 구조물 안전 진단 시스템은 교량, 건물 등과 같은 구조물의 동적 거동 상황을 측정, 분석 및 진단하여 구조물의 안정성을 향상시킬 수 있다. 구조물 안전 진단 시스템은 구조물 손상 식별 방법, 데이터 획득 및 전송 방법 등과 같은 많은 기술들을 필요로 한다.

[0003] 이러한 구조물 안전 진단 시스템은 구조물 변위를 측정하기 위해 경사계, 가속도 센서, 스트레인 게이지, PZT 센서 등을 사용한다. 변위의 측정은 매우 중요함에도 불구하고 구조물의 거대한 크기의 접근의 어려움 때문에 많이 연구되지 않았다. 구조물 변위 측정에 주로 사용된 방법 중 하나는 직선형 가변 차동 변압기(Linear Variable Differential Transformer, LVDT), 하부에 안정적인 기준점(reference point)을 필요로 하는 접촉 형태의 센서를 사용하는 것이다.

[0004] 그러나 이러한 센서들은 고가의 가격으로 인해 대형 구조물 전체를 모니터링하지 못하고 구조물의 몇몇 지점의 변위만 측정하는 실정이다.

[0005] 한편, 대형 구조물의 변위 측정의 정밀도 향상을 위해서 일반적으로 카메라의 초점거리 조절을 통해 영상을 확대하는 방법이 사용된다. 하지만, 촬영거리가 지나치게 커질 경우 카메라 렌즈의 비용이 기하급수적으로 증가함으로써 카메라 초점거리를 통한 정밀도 확보방안은 한계가 있다.

[0006] 특히, 대형 구조물의 경우 적절한 촬영거리 확보에 문제가 많이 발생한다. 예를 들어, 초장대교량의 경우 주경간과 카메라가 위치할 지상의 거리가 수백미터에서 수킬로미터에 이른다.

[0007] 이러한 문제의 해결방안으로 Pqrk et al.(2010)은 카메라의 일렬배치를 통해 초고층빌딩의 변위를 알아보는 방법을 제안했으며, 이들은 모노카메라를 통한 변위계산을 위해 Lee and Shinozuka(2006)의 target geometry와 이동픽셀수를 통해 변위를 알아보는 알고리즘을 사용했다. 이 제안에서는 타겟의 x 방향의 픽셀값과 y 방향의 픽셀값의 변화를 통해 변위를 알아낼 때는 움직임 벡터와 스케일 벡터가 일정하게 유지된다는 가정을 하게 된다. 하지만 이 가정은 많은 오류를 내포하고 있다. 픽셀 이용 범위와 촬영 범위가 커질수록 변위 계산값은 실제 변위와 차이를 나타낸다. 이는 스케일 벡터와 움직임 벡터가 어떤 상황에서도 일정하게 유지되지 않는다는 것을 나타내며, 이러한 가정을 통해 변위 계산값을 그대로 실제 변위로 간주하는 것은 위험성을 가지고 있고, 이는 변위 측정 시 정확도 확보가 어렵다.

[0008] 이를 극복하기 위해 스트레오 카메라에 기반한 카메라 일렬 배치를 통해 각 카메라별 인접 카메라의 뒷면에 위치한 타겟을 촬영하여 변위를 측정하는 방안이 제안되며 이럴 경우 해당 카메라에 부착된 타겟의 좌표가 정확히 캘리브레이션이 되지 않은 경우 정확한 변위값을 구할 수 없는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명은 스트레오 카메라를 구조물의 소정 지점별로 기설정된 간격으로 일렬 배치하고, 상기 각 카메라별 후면에 변위 측정을 위한 타겟(target)을 설치하여, 특정방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별 촬영하고, 레퍼런스 카메라 및 레퍼런스 타겟을 이용하여 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행한 후 상기 촬영된 영상의 변화를 통해 카메라별 설치된 지점의 변위 변화량을 측정하고, 상기 각 카메라별 인접 카메라와 상대변위를 이용하여 정밀도와 정확성이 향상된 구조물의 최종변위를 측정하는 기술을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 견지에 따르면, 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 있어서, 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치된 각 카메라에서 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 과정과, 상기 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행하는 과정과, 상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 상기 획득된 영상에 대한 절대표정을 수행하는 과정과, 상기 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 과정을 포함함을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 다른 견지에 따르면, 구조물 변위 측정 시스템에 있어서, 구조물에 설치된 레퍼런스 카메라와, 상기 레퍼런스 카메라와 대향하여 소정 거리를 두어 위치되는 레퍼런스 타겟과, 상기 레퍼런스 카메라 및 레퍼런스 타겟의 사이에 위치하고, 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치되어 특정 방향으로 우선하는 인접 카메

라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 다수의 카메라와, 네트워크를 통해 연결된 상기 각 카메라로부터 촬영 영상 정보를 수집하고, 상기 다수의 카메라를 식별하여 해당 카메라로부터 수집된 영상 정보를 매칭하여 관리하고, 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행하고, 상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 상기 획득된 영상에 대한 절대표정을 수행하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 제어서버를 포함함을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명은 고가의 센서를 통한 측정보다 경제적인 뿐만 아니라, 다수의 카메라가 일렬로 배치되어 기설정된 주기별로 선행하는 카메라에 부착된 타겟을 촬영함으로써 카메라의 배치 간격 혹은 촬영 간격을 구조물의 특성에 따라 적응적으로 조절하여 변위 측정의 정확도 및 정밀도가 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션을 위한 전체 시스템의 개략적인 구성도.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 관한 전체 흐름도.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 있어서, 타겟의 좌표에 대한 캘리브레이션 동작에 관한 흐름도.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스트레오 카메라의 평면도.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 교량의 예로 좌표 변환의 개념을 도시한 예시도.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 교량에서 소정 지점에서의 타겟 좌표와 다섯 개 포인트를 예를 들어 도시한 예시도.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 캘리브레이션 수행을 위한 카메라와 타겟이 설치된 예시도.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템에서 제어 서버에 관한 상세 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 하기 설명에서는 구체적인 구성 소자 등과 같은 특정 사항들이 나타나고 있는데 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐 이러한 특정 사항들이 본 발명의 범위 내에서 소정의 변형이나 혹은 변경이 이루어질 수 있음은 이 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

[0015] 본 발명은 구조물의 변위를 측정하기 위한 것으로, 보다 상세하게는 스트레오 카메라를 구조물의 소정 지점별로 기설정된 간격으로 일렬 배치하고, 상기 각 카메라별 후면에 변위 측정을 위한 타겟(target)을 설치하여, 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하고, 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행한 후 상기 촬영된 영상의 변화를 통해 카메라별 설치된 지점의 변위 변화량을 측정하고, 상기 각 카메라별 인접 카메라와 상대변위를 이용하여 상기 구조물의 최종변위를 측정하되, 상기 측정된 최종변위값을 보다 정확하게 수행하기 위하여 레퍼런스 카메라(Reference Camera) 및 레퍼런스 타겟(Reference Target)을 상기 일렬로 배치된 스트레오 카메라의 양끝단에 각각 설치하여 각 객체간 상대표정을 통해 상기 각 카메라로 촬영된 타겟 영상의 모델 좌표를 공통된 좌표인 글로벌 좌표로 변환시키는 캘리브레이션을 수행함으로써 고가의 센서를 통한 측정보다 경제적인 뿐만 아니라, 다수의 카메라가 일렬로 배치되어 기설정된 주기별로 선행하는 카메라에 부착된 타겟을 촬영함으로써 카메라의 배치 간격 혹은 촬영 간격을 구조물의 특성에 따라 적응적으로 조절하여 변위 측정의 정확도 및 정밀도가 향상된 기술을 제공하고자 한다.

[0016] 그리고 본 발명이 적용된 변위 측정 기술은 토목 혹은 건축 구조물을 포함하는 대형 구조물의 유지 관리 및 안전 진단 시 모두 적용 가능한 기술이나, 이하 후술되는 본 발명의 상세한 설명에서는 대형 구조물 중 교량의 예

를 들어 설명하기로 한다.

- [0017] 우선, 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템에 관해 도 1을 참조하여 개략적으로 살펴보기로 한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 전체 시스템의 개략적인 구성도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 본 발명이 적용된 시스템(100)은 교량 구조물(110), 레퍼런스 카메라(113), 레퍼런스 타겟(115), 다수의 카메라(0 ~ N-1) 및 제어서버(114)를 포함한다.
- [0020] 상기 교량 구조물(110)은 적어도 둘 이상의 교각별 간 사이의 거더(Girder, 112)에 변위 측정을 위한 다수의 카메라가 일렬 배치되고, 상기 다수의 카메라 양끝단에 레퍼런스 카메라(113) 및 레퍼런스 타겟(115)가 각각 설치된다.
- [0021] 상기 다수의 카메라(0 ~ N-1)은 고정 프레임에 적어도 둘 이상의 카메라가 고정되어 한 쌍을 이루며, 각 카메라별 후면에 변위 측정을 위한 촬영의 목표물인 타겟이 부착되어, 특정 방향 즉, 왼쪽 혹은 오른쪽으로 후행하는 인접 카메라의 의해 촬영된다.
- [0022] 또한, 상기 제어서버(114)는 네트워크를 통해 다수의 카메라(0 ~ N-1)와 연동되어 상기 카메라에서 발생하는 이벤트 예컨대, 기설정된 주기별 촬영된 영상 정보 및 카메라의 식별정보를 매칭하여 저장, 관리 및 제어한다.
- [0023] 이때, 상기 제어서버(114)는 디지털 방송 단말기, 개인 정보 단말기(PDA, Personal Digital Assistant), 스마트폰(Smart Phone), 태블릿(Tablet) PC, 아이패드(Ipad), 3G 단말기 예를 들면 IMT-2000(International Mobile Telecommunication 2000)단말기, WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)단말기, GSM/GPRS(Global System For Mobile Communication Packet Radio Service) 및 UMTS(Universal Mobile Telecommunication Service) 단말기 등과 같은 모든 정보통신기기 및 멀티미디어 기기 등이 포함될 수 있다. 그러나 본 명세서에서 기재된 실시 예에 따른 구성은 데스크탑 컴퓨터 등과 같은 고정 단말기에도 적용될 수도 있음을 본 기술 분야의 당업자라면 쉽게 알 수 있을 것이다.
- [0024] 이하, 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 대해 도 2를 참조하여 살펴보기로 한다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물 변위 측정 방법에 관한 전체 흐름도이다. 도 2를 참조하면, 먼저 210 과정에서는 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치된 각 카메라에서 특정 방향 예컨대, 왼쪽 혹은 오른쪽으로 우선하는 인접 카메라의 오브젝트를 기설정된 주기별로 촬영한다.
- [0026] 즉, 각 카메라는 구조물의 소정 지점에 일렬로 배치되어 왼쪽 혹은 오른쪽의 기준된 방향으로 선행하는 카메라 후면의 오브젝트 예컨대, 변위 측정을 위한 타겟을 미리 설정된 주기별로 촬영을 수행하는 것으로, 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명이 적용된 카메라는 프레임(미도시)에 적어도 둘 이상으로 고정되어 한 쌍((1, 2), (3, 4), (5, 6))을 이루고, 상기 오브젝트는 카메라별((1, 2), (3, 4), (5, 6)) 후면에 부착되어 변위측정을 위한 촬영 목표물(30, 31, 32)을 의미한다.
- [0027] 212 과정에서는 상기 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행한다.
- [0028] 이때, 상기 캘리브레이션의 동작을 도 3을 참조하여 설명하면, 310 과정에서는 일렬로 배치된 다수의 카메라의 양끝단에 각각 배치된 레퍼런스 카메라 및 레퍼런스 타겟을 토대로 상기 레퍼런스 카메라를 이용하여 상기 각 카메라의 타겟 및 상기 레퍼런스 타겟을 기설정된 주기별로 촬영한다.
- [0029] 312 과정에서는 상기 레퍼런스 카메라와 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표(model coordinate)로 변환하여 변환 행렬(Transformation Matrix)을 생성한다.
- [0030] 여기서 본 발명의 실시 예에 따른 교량의 예로 좌표 변환은 도 5에 도시된 바와 같다. 또한, 도 5에 도시된 0번 지점의 타겟 좌표(T_0)와 다섯 개의 포인트는 예를 들어 도 6에 도시된 바와 같이 정의 될 수 있다. 상기 0번 지점의 변위는 0이며, T_0 의 다섯 개 포인트는 각각 (0, 0), (10, 0), (-10, 0), (0, 10), (0, -10)으로 정의되며,

이 점들을 초반에 글로벌 좌표(Global Coordinates)(G)상에서 촬영하면, G와 T_0 의 관계를 획득할 수 있다.

[0031] 즉, T_0 를 G로 전환시키는 변환 행렬을 생성할 수 있으며, 이를 T_{TOG} 라 정의할 수 있다. 정의된 이 포인트의 변위는 0이므로 글로벌 좌표(G)로도 계산될 수 있는데, 이들을 통해 T_0 를 G로 전환시키는 변환 행렬(T_{TOG})을 만들 수 있다.

[0032] 도 5에서 $T_{TOG} \cdot T_{MOTO}$ 를 통해서 모델 좌표(M_0)이 글로벌 좌표(G)로 변환될 수 있는데 이를 위해서는 0번 카메라의 타겟 좌표(T_0)와 0번 카메라의 모델 좌표(M_0)의 관계인 T_{MOTO} 를 알기 위해 0번 지점에서 카메라의 각 매트릭스 T_{MOTO} 는 타겟과 카메라를 구조물에 설치하기 전에 타겟-카메라 캘리브레이션을 통해 알 수 있다.

[0033] 상기 캘리브레이션을 위해서 도 7과 같이 적어도 하나 이상의 카메라와 상기 카메라에 부착된 타겟을 설치하고 구조물에 설치되는 스테레오 카메라와 타겟을 레퍼런스 카메라와 레퍼런스 타겟 사이에 설치한다.

[0034] 계속해서 314 과정에서는 상기 레퍼런스 카메라와 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하고, 상기 변환된 모델 좌표를 통해 316 과정에서는 변환 행렬을 생성한다.

[0035] 즉, 상기 레퍼런스 카메라와 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 레퍼런스 타겟 좌표(T_R)를 모델 좌표(M_R)로 변환하는 변환 행렬(T_{TRMR})을 만들 수 있다.

[0036] 또한, 상기 레퍼런스 카메라와 각 카메라별 뒷면에 부착된 타겟의 상대표정을 통해 타겟 좌표(T_n)를 모델 좌표(M_n)로 변환하는 변환 행렬(T_{TRMn})을 만들 수 있다.

[0037] 이후 318 과정에서는 상기 레퍼런스 카메라를 통해 촬영된 영상에서 상기 각 카메라 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 수행하고, 320 과정에서는 상기 상대표정을 통해 상기 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 322 과정에서 변환 행렬을 생성한다.

[0038] 즉, 상기 카메라와 레퍼런스 타겟의 상대표정을 수행하면, 레퍼런스 타겟 좌표(T_{TRMn})를 모델 좌표(T_{Mn})로 변환하는 변환 행렬(T_{TRMn})을 만들 수 있다. 이때, 상기 변환 행렬은 상기 인접 카메라와 타겟 촬영 시 해당 타겟에 다섯 개 이상의 점을 마킹하여 촬영된 영상의 모델 좌표를 통해 상기 마킹된 점의 위치를 인접 카메라의 타겟을 촬영한 카메라의 영상 모델 좌표 식별을 통해 생성된다.

[0039] 324 과정에서는 상기 316 과정에서 생성된 변환 행렬과 322 과정에서 생성된 변환 행렬들을 이용하여 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 상기 타겟의 좌표로 변환하고, 이를 통해 326 과정에서는 하기와 같은 형태의 변환 행렬을 생성한다.

$$T_{TR \rightarrow MR} = T_{TR \rightarrow Mn} \cdot T_{Mn \rightarrow Tn} \cdot T_{Tn \rightarrow MR}$$

[0040]
$$T_{Mn \rightarrow Tn} = T_{TR \rightarrow Mn}^{-1} \cdot T_{TR \rightarrow MR} \cdot T_{Tn \rightarrow MR}^{-1}$$

[0041] 328 과정에서는 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상에 대응하는 글로벌 좌표를 생성한다.

[0042] 이러한 캘리브레이션을 통해 카메라와 타겟 사이의 관계를 알았다면 구조물에 설치하여 좌표 변환이 가능하다. 예컨대, 도 5의 0번 카메라가 타겟1의 다섯점을 촬영하면, 5개 점의 위치를 0번 카메라의 모델 좌표(M_0)로 알 수 있으며, 이들을 통해 변환 행렬(T_{T1M0})을 알 수 있다. $T_{TOG} \cdot T_{MOTO} \cdot T_{T1M0}$ 를 이용하면 T_1 은 G로 변환될 수 있는데 이것은 M_0 로 이미 알고 있는 타겟1의 변위를 G로 알 수 있다는 의미이다. 이와 같은 방식으로 타겟 0에서 타겟 N까지의 변위를 글로벌 좌표로 알 수 있다.

[0043] 다시 도 2의 설명으로 돌아가서, 214 과정에서는 상기 캘리브레이션이 수행된 영상의 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출하고, 216 과정에서는 상기 획득된 영상에 대한 절대표정을 수행한다.

[0044] 이때, 상기 내부표정요소 산출은 상기 영상 촬영을 통해 발생하는 왜곡을 보정하고, 상기 촬영된 오브젝트의 좌표를 카메라 투영중심을 원점으로 하는 좌표계로의 변환을 수행하여 획득되는 것으로, 카메라의 초점거리, 오브

젝트의 좌표를 입력값으로 내부표정 실시를 통해 카메라 렌즈의 정확한 기준점과 초점거리를 조정할 수 있다.

- [0045] 상기 상대표정요소 산출은, 한 쌍의 카메라 사이의 상대적인 경사관계를 설정하여 상기 촬영된 오브젝트에 대하여 중복되는 지역에서 동일지점으로 판단되는 지점에 대한 매칭을 통해 차이를 소거하여 획득되는 것으로, 카메라의 스트레오(stereo) 촬영 시 오른쪽, 왼쪽 카메라의 위치와 좌표관계를 조정할 수 있다.
- [0046] 또한, 상기 절대표정은 214 과정에서 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 획득된 3차원 상대좌표를 통해 산출된 변위를 실제변위로 변환하는 것으로, 상대좌표를 통해 구한 변위는 실제 변위가 아닌 상대좌표 상에서 변위이기 때문에 실제로 변환하는 과정의 필요로 인해 촬영된 영상에서 경사와 축적을 바로잡아 수행된다.
- [0047] 이후, 218 과정에서는 상기 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 상기 타겟별 3차원 좌표를 산출하고, 220 과정에서는 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하는 것으로, 이러한 변위 측정은 상기 기설정된 주기별 획득된 영상을 통해 해당 카메라가 설치된 지점의 변위 변화량을 인식하고, 상기 특정 방향으로 우선하는 인접 카메라와 상대변위를 통해 상기 구조물의 최종 변위를 인식하여 수행된다.
- [0048] 이상에서는 본 발명의 일 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법에 대해서 살펴보았다.
- [0049] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템에서 제어 서버에 관한 구성을 도 8을 참조하여 살펴보기로 한다.
- [0050] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 시스템에서 제어 서버에 관한 상세 블록도이다.
- [0051] 도 8을 참조하면, 본 발명에 적용된 제어서버(800)은 영상 수집부(810), 저장부(812) 및 제어부(814)를 포함한다.
- [0052] 상기 제어부(814)의 제어 하에 상기 영상 수집부(810)은 구조물의 소정 지점별 기설정된 간격으로 설치되어 특정방향으로 우선하는 인접 카메라의 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하는 다수의 카메라(82, 83)로부터 영상 및 을 수집한다.
- [0053] 상기 저장부(812)는 제어부(814)의 제어 하에 영상 수집부(810)로부터 출력된 다수의 영상을 해당 카메라별로 식별하여 수집된 영상 정보를 매칭하여 관리 저장한다.
- [0054] 상기 제어부(814)는 보정부(816), 산출부(818) 및 변위 측정부(824)를 포함하는 것으로, 상기 제어서버(800)은 제어부(814)를 통해 레퍼런스 카메라(81)를 이용하여 상기 각 카메라(82, 83)의 타겟 및 레퍼런스 타겟을 기설정된 주기별로 촬영하도록 제어하고, 상기 보정부(816)를 통해 카메라별 수집된 영상의 좌표에 대한 캘리브레이션을 수행한다.
- [0055] 더욱 상세하게는, 상기 보정부(816)은 상기 레퍼런스 카메라(81)와 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬을 생성하고, 상기 레퍼런스 카메라를 통해 촬영된 영상에서 상기 카메라 및 레퍼런스 타겟의 상대표정을 통해 상기 레퍼런스 타겟의 좌표를 모델 좌표로 변환하여 변환 행렬을 생성하고, 상기 생성된 변환 행렬들을 이용하여 상기 타겟 및 레퍼런스 타겟의 좌표를 상기 타겟의 좌표로 변환하여 변환 행렬로 생성하여 각 카메라별 촬영을 통해 획득된 영상에 대응하는 글로벌 좌표를 생성하여 출력한다.
- [0056] 그리고 제어부(814)는 산출부(818)의 내부표정(820) 및 상대표정(822)을 통해 내부표정요소 및 상대표정요소를 산출한 후, 절대표정(823)을 통해 상기 수집된 영상의 절대표정을 수행한 후 상기 변위 측정부(824)로 출력한다.
- [0057] 이때, 상기 내부표정요소 산출은 상기 영상 촬영을 통해 발생하는 왜곡을 보정하고, 상기 촬영된 오브젝트의 좌표를 카메라 투영중심을 원점으로 하는 좌표계로의 변환을 수행하여 획득되고, 상기 상대표정요소 산출은 한 쌍의 카메라 사이의 상대적인 경사관계를 설정하여 상기 촬영된 오브젝트에 대하여 중복되는 지역에서 동일지점으로 판단되는 지점에 대한 매칭을 통해 차이를 소거하여 획득된다.
- [0058] 또한, 상기 절대표정은, 산출된 내부표정요소 및 상대표정요소에 기초하여 획득된 3차원 상대좌표를 통해 산출

된 변위를 실제변위로 변환하여 획득된다.

[0059] 상기 변위 측정부(824)는 오브젝트별 3차원 좌표를 산출하여 카메라별 설치된 지점의 변위를 측정하여 최종 변위를 산출한다.

[0060] 상기와 같이 본 발명에 따른 구조물의 변위 측정을 위한 오브젝트의 캘리브레이션 방법 및 시스템에 관한 동작이 이루어질 수 있으며, 한편 상기한 본 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나 여러 가지 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 실시될 수 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 의하여 정할 것이 아니고 청구범위와 청구범위의 균등한 것에 의하여 정하여져야 할 것이다.

[0061] [참고]

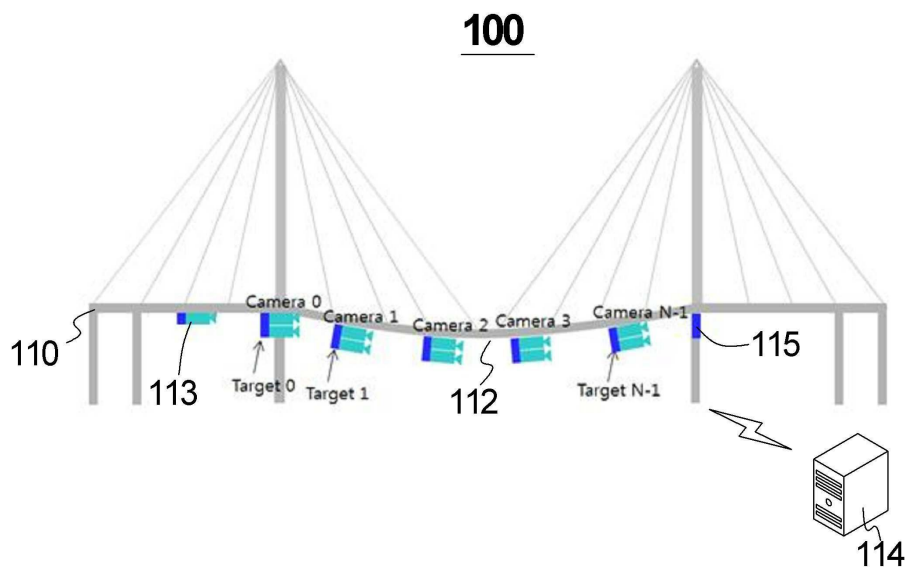
[0062] Lee. J., and Shinozuka M., (2006). "A vision-based system for remote sensing of bridge displacement." NDT & E international, 39:425-431

부호의 설명

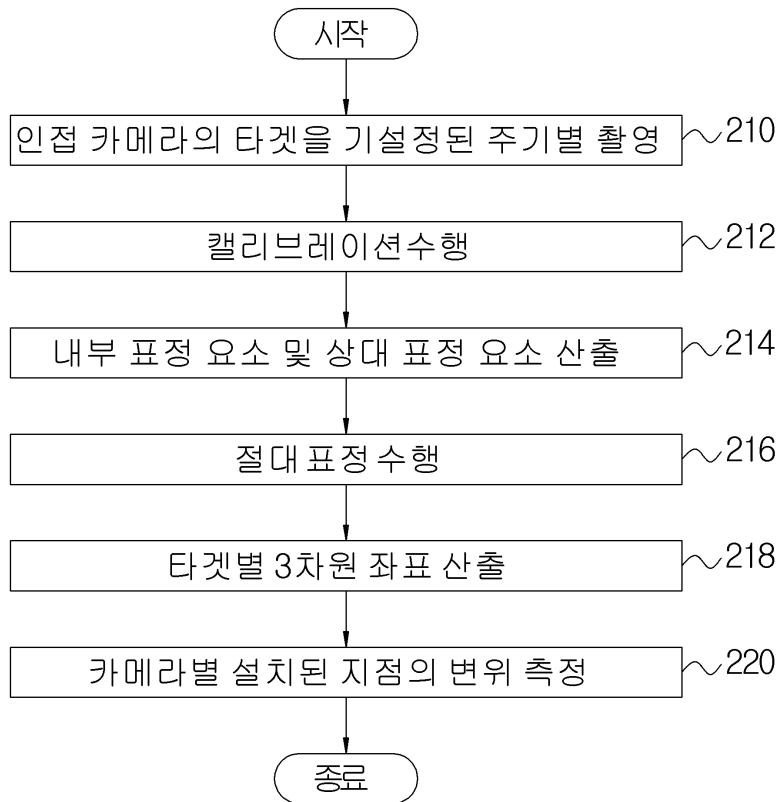
[0063] 810: 영상수집부 812: 저장부
814: 제어부 816: 보정부
818: 산출부 824: 변위측정부

도면

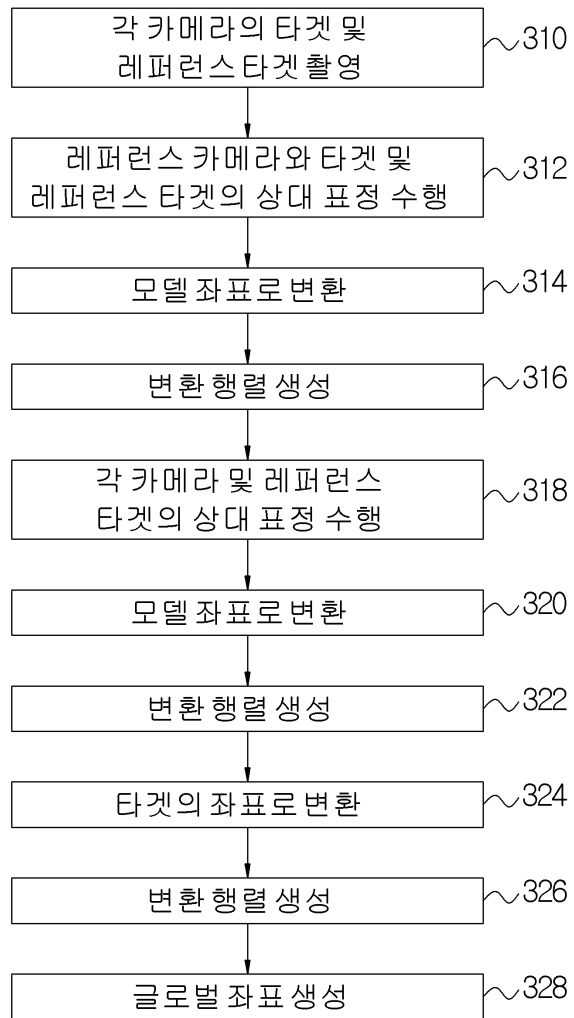
도면1



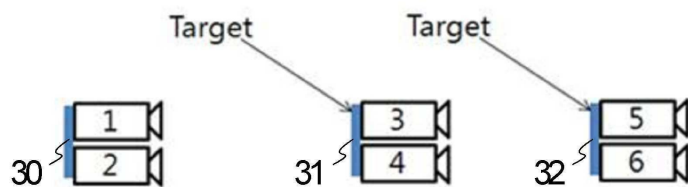
도면2



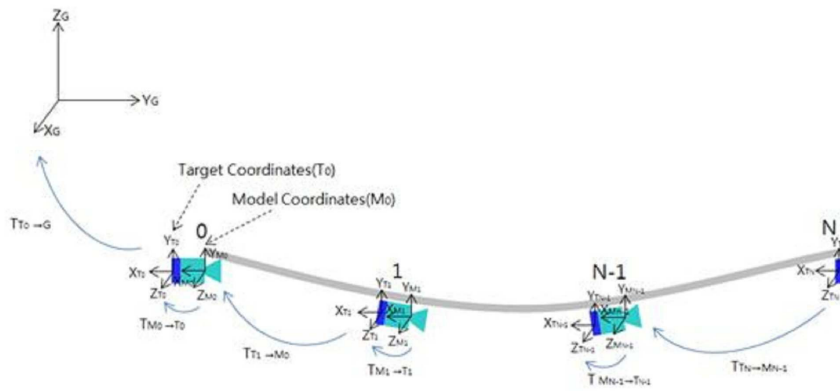
도면3



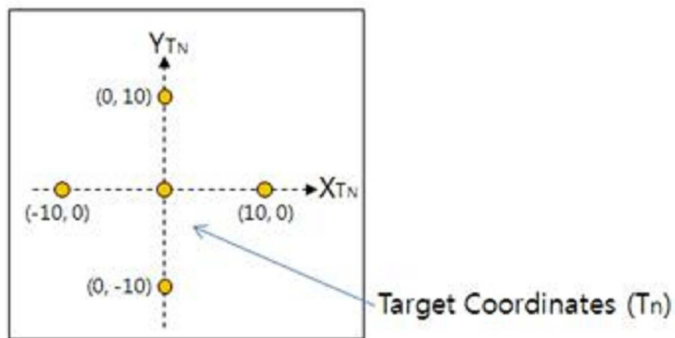
도면4



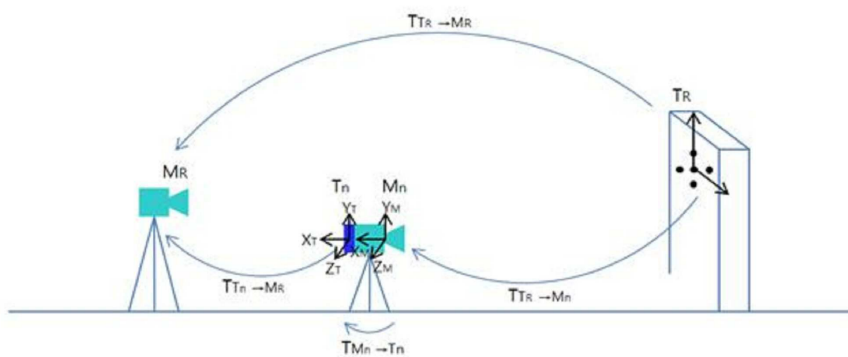
도면5



도면6



도면7



도면8

