



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년12월09일
(11) 등록번호 10-1575742
(24) 등록일자 2015년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 11/06 (2006.01) G01B 11/00 (2006.01)
G06T 17/05 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2014-0078479
(22) 출원일자 2014년06월25일
심사청구일자 2014년06월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR101172873 B1
KR101104450 B1

(73) 특허권자
배재대학교 산학협력단
대전광역시 서구 배재로 155-40 (도마동)
(72) 발명자
황상기
대전 서구 유등로17번길 109, 507동 1003호 (복수
동, 초록마을5단지)
(74) 대리인
박병석

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 홍정훈

(54) 발명의 명칭 스테레오 비전에 기반한 암반의 절취면 조사방법

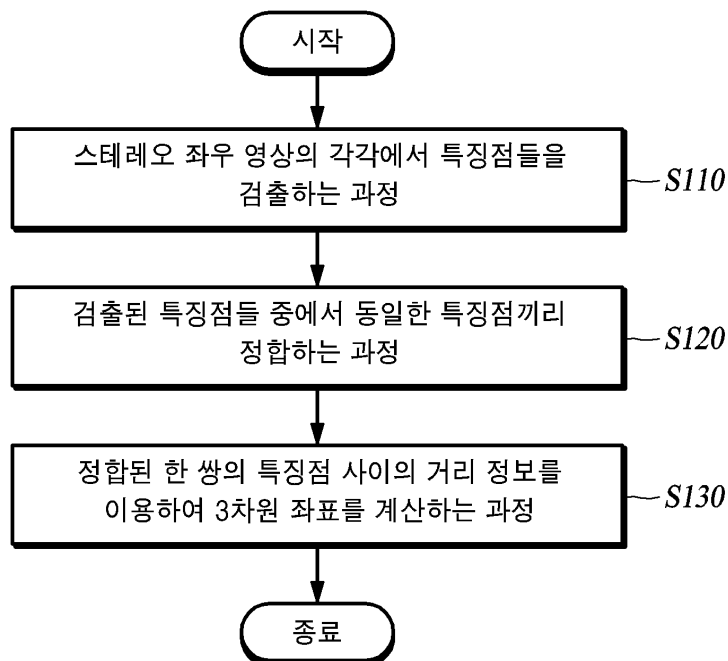
(57) 요약

스테레오 비전에 기반한 암반의 절취면 조사방법을 개시한다.

본 실시예의 일 측면에 의하면, 서로 다른 시점에서 암반의 절취면을 촬영한 한 쌍의 이미지들로부터 상기 암반의 절취면을 조사하는 방법에 있어서, 상기 한 쌍의 이미지들 간에 오버랩되는 영역 내에서 좌측 특징점들 및 우

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



측 특징점들을 탐색하고, 탐색된 좌측 특징점 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제1과정, 상기한 쌍의 이미지들 중 어느 하나의 이미지에서 상기 사용자에 의해 입력된 선택영역 및 이에 대응되는 다른 하나의 이미지 내의 영역 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들을 추가 탐색하고, 추가 탐색된 좌측 특징점들 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제2과정 및 서로 정합하는 상기 좌측 특징점들 및 상기 우측 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 3차원의 특징점들을 계산하는 제3과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 암반의 절취면 조사방법을 제공한다.

명세서

청구범위

청구항 1

서로 다른 시점(View Point)에서 암반의 절취면을 촬영한 한 쌍의 이미지들로부터 상기 암반의 절취면을 조사하는 방법에 있어서,

상기 한 쌍의 이미지들 간에 오버랩되는 영역 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들을 탐색하고, 탐색된 좌측 특징점 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제1과정, 여기서 상기 좌측 특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 좌측 이미지에서 상기 절취면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점이고, 상기 우측 특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 우측 이미지에서 상기 절취면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점임;

상기 한 쌍의 이미지들 중 어느 하나의 이미지에서 사용자에게 의해 입력된 선택영역 및 이에 대응되는 다른 하나의 이미지 내의 영역(이하 '비교영역'이라 칭함) 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들을 추가 탐색하고, 추가 탐색된 좌측 특징점들 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제2과정; 및

서로 정합하는 상기 좌측 특징점들 및 상기 우측 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 3차원의 특징점들을 계산하는 제3과정

을 포함하는 것을 특징으로 하는 암반의 절취면 조사방법

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1과정은,

사용자로부터 입력되는 상기 좌측 이미지 및 상기 우측 이미지 상의 한 쌍의 대응점을 기준으로 상기 오버랩되는 영역을 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 오버랩되는 영역을 결정하는 과정은,

상기 좌측 이미지에서 선택된 대응점으로 가장 우측에 위치한 픽셀과의 거리를 산출하고, 상기 우측 이미지에서 선택된 대응점을 기준으로 가장 좌측에 위치한 픽셀과의 거리를 산출하는 방식으로 오버랩되는 영역의 크기를 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2과정은,

상기 선택영역 내에 존재하는 기 탐색된 적어도 하나의 특징점과 매칭되는 상기 다른 하나의 이미지 내의 특징점의 위치를 기준으로, 상기 다른 하나의 이미지 내에서 상기 선택영역과 동일한 크기로 상기 비교영역을 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2과정은,

사용자의 선택에 의해 복수 회 수행되는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 3차원 특징점들을 기초로, 상기 암반의 절취면을 모사하는 3차원 모델을 생성하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 3차원 특징점들의 좌표를 이용하여 상기 암반의 절취면에 대한 평면 방정식을 계산하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 평면 방정식을 이용하여, 상기 암반의 절취면의 주향, 경사 및 경사방향 중 적어도 어느 하나를 계산하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 암반의 절취면 조사방법.

청구항 9

컴퓨터로 판독 가능한 기록매체로서, 디스플레이를 구비한 전자장치에 의해 실행될 경우, 상기 전자장치로 하여금 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 방법을 수행하도록 하는 명령어들을 포함하는 하나 이상의 프로그램을 저장한, 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 실시예는 스테레오 비전에 기반한 암반의 절취면 조사방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 암반의 절취면 조사의 특수성에 맞게 최적화된 스테레오 비전을 이용함으로써, 기존의 스테레오 비전에 기반한 암반의 절취면 조사방법에 비해 속도 및 정확성이 향상된 조사방법에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0003] 암반은 절개되기 전에 수행할 수 있는 조사에 한계를 가진다. 이로 인하여 사면이나 터널 등의 시공현장은 잦은 설계변경으로 인한 예산의 증가와 시공 중 붕괴의 위험성이 뒤따른다.
- [0004] 특히, 절취된 암반 사면의 경우, 암반 내 불연속면(단층, 옅리, 절리, 편리, 층리, 벽개 등)의 배열상태에 따라 낙석 및 사면붕괴 사고가 발생할 위험이 있기 때문에, 설계 또는 유지관리 단계에서 이러한 지질구조의 정확하고 체계적인 조사가 필수적이다.
- [0005] 기존 암반 사면의 지표지질 조사 시, 클리노컴퍼스(Clino Compass) 같은 조사용 컴퍼스를 이용한 수작업으로 노출된 암반 내 불연속면의 방향성(경사/경사방향)을 측정하였지만, 절취사면과 같이 접근이 어려운 지역에 대한 효과적인 조사가 어렵다는 단점이 있다. 이에 따라, 대형 암반 사면의 노출된 불연속면 구조를 원격으로 측정하고자 하는 시도가 다양하게 이루어지고 있다.
- [0006] 암반 절취면내 불연속면을 원격측량하는 기법은 크게 스테레오 비전에 기반한 사진측량을 이용하는 방법과 레이저 스캐너를 이용하는 방법으로 분류된다. 레이저 스캐너의 경우, 정밀한 3차원 모델을 구현할 수 있으나, 장비가 매우 고가이며 면구조의 방향성 분석을 수행하는 과정이 간단치 않아서 특별한 목적을 위한 정밀한 조사에만 활용되고 있는 실정이다. 카메라 기술 및 디지털 프로세싱 기법의 발달과 함께, 최근에는 높은 해상도의 디지털 카메라를 이용해 이미지를 획득하고 이를 전산으로 자동분석하는 사진측량을 이용한 방법이 주목을 받고 있다.
- [0007] 사진측량을 이용하는 방법은, 양안시차를 이용하여 사람이 물체의 입체감을 느끼는 원리를 응용한 것으로, 비교적 저렴하고 간단하게 물체의 3차원 정보를 취득할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 원거리에 있는 물체를 측정

하기 어렵고, 두 이미지 사이의 정합점(Matching Point)을 찾는 알고리즘이 복잡하다는 단점이 있다. 특히, 암반의 절취면을 측정함에 있어서는 작은 물체를 측정할 때보다 상대적으로 먼 거리에서 이미지를 취득해야 하므로 높은 해상도의 카메라가 요구된다. 또한, 암반의 절취면은 색깔이나 모양이 유사하고 패턴의 구별이 뚜렷하지 않아 각 점들의 특징이 명확하지 않으므로 특징점 매칭이 어렵다.

[0008] 이로 인해, 기계분야에서는 스테레오 비전을 이용한 3차원 측정법이 널리 활용되고 있으나 토목분야에서는 아직 초기 단계이며, 특히 암반과 같은 거대한 물체를 측정함에 있어서는 많은 어려움이 따른다. 따라서 그러한 어려움을 극복할 수 있는 개선된 스테레오 비전 기법의 도입이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 실시예는 스테레오 비전을 이용한 암반의 절취면의 조사에 있어서 특징점 매칭의 어려움을 해결하기 위한 것으로서, 보다 빠르고 정확한 암반의 절취면 조사방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 서로 다른 시점(View Point)에서 암반의 절취면을 촬영한 한 쌍의 이미지들로부터 상기 암반의 절취면을 조사하는 방법에 있어서, 상기 한 쌍의 이미지들 간에 오버랩되는 영역 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들을 탐색하고, 탐색된 좌측 특징점 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제1과정, 여기서 상기 좌측 특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 좌측 이미지에서 상기 절취면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점이고, 상기 우측 특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 우측 이미지에서 상기 절취면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점임; 상기 한 쌍의 이미지들 중 어느 하나의 이미지에서 상기 사용자에게 의해 입력된 선택영역 및 이에 대응되는 다른 하나의 이미지 내의 영역(이하 '비교영역'이라 칭함) 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들을 추가 탐색하고, 추가 탐색된 좌측 특징점들 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행하는 제2과정; 및 서로 정합하는 상기 좌측 특징점들 및 상기 우측 특징점들의 2차원 좌표를 이용하여 3차원의 특징점들을 계산하는 제3과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 암반의 절취면 조사방법을 제공한다.

[0011] 상기 제1과정은, 사용자로부터 입력되는 상기 좌측 이미지 및 상기 우측 이미지 상의 한 쌍의 대응점을 기준으로 상기 오버랩되는 영역을 결정하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 오버랩되는 영역을 결정하는 과정은, 상기 좌측 이미지에서 선택된 대응점으로 가장 우측에 위치한 픽셀과의 거리를 산출하고, 상기 우측 이미지에서 선택된 대응점을 기준으로 가장 좌측에 위치한 픽셀과의 거리를 산출하는 방식으로 오버랩되는 영역의 크기를 결정하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 제2과정은, 상기 선택영역 내에 존재하는 기 탐색된 적어도 하나의 특징점과 매칭되는 상기 다른 하나의 이미지 내의 특징점의 위치를 기준으로, 상기 다른 하나의 이미지 내에서 상기 선택영역과 동일한 크기로 상기 비교영역을 결정하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 제1과정 및 상기 제2과정은, 탐색하는 특징점의 강인함 수준이 서로 상이할 수 있다. 상기 제1과정은 상기 제2과정에 비해, 탐색하는 특징점의 강인함 수준이 높은 것이 바람직하다.

[0015] 또한, 상기 제2과정은, 사용자의 선택에 의해 복수 회 수행될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 제3과정은, 선택영역 내에 존재하는 기존의 특징점(또는 정합점)들 중에서 강인함 수준이 가장 낮은 특징점들보다 한 단계 더 낮은 수준의 특징점들을 탐색하는 것일 수 있다.

[0017] 또한, 상기 조사방법은 상기 3차원 특징점들을 기초로, 상기 암반의 절취면을 묘사하는 3차원 모델을 생성하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 3차원 모델에 상기 3차원 특징점들을 표시하는 경우, 상기 3차원 특징점 계산의 기초가 된 특징점의 강인함 수준에 따라 시각적 표시(Indicator)의 종류, 크기 및 색상 중 적어도 어느 하나를 다르게 표시할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 조사방법은 상기 3차원 특징점들의 좌표를 이용하여 상기 암반의 절취면에 대한 평면 방정식을 계산하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 평면 방정식을 이용하여, 상기 암반의 절취면의 주향, 경사 및 경사방향 중 적어도 어느 하나를 계

산하는 과정을 더 포함할 수 있다.

[0021] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 컴퓨터로 관독 가능한 기록매체로서, 디스플레이를 구비한 전자장치에 의해 실행될 경우, 상기 전자장치로 하여금 상기 방법들을 수행하도록 하는 명령어들을 포함하는 하나 이상의 프로그램을 저장한 컴퓨터로 관독 가능한 기록매체를 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 실시예에 의하면, 스테레오 비전을 이용한 암반의 절취면 조사에 있어서, 스테레오 비전의 정합점을 보다 빠르고 정확하게 매칭함으로써, 보다 빠르고 정확한 암반의 절취면 조사가 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스테레오 비전을 기반으로 한 3차원 모델 구축 방법을 도시한 흐름도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차 특징점 매칭 방법을 도시한 흐름도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하위 특징점 매칭 방법을 도시한 흐름도이다.
 도 4는 1차 특징점 매칭 시, 사용자로부터 입력받은 좌측 이미지 및 우측 이미지 상의 대응점을 예시한 도면이다.
 도 5는 오버랩되는 영역에서 탐색한 1차 특징점들을 예시한 도면이다.
 도 6은 1차 특징점 매칭 후, 사용자로부터 입력받은 하위(2차) 특징점 매칭을 수행할 선택영역을 예시한 도면이다.
 도 7은 사용자로부터 입력받은 좌측 이미지 상의 선택영역에 대응되는 우측 이미지 상의 비교영역을 예시한 도면이다.
 도 8은 선택영역 및 이에 대응되는 비교영역 내에서 추가 탐색한 2차 특징점들을 예시한 도면이다.
 도 9는 3차 특징점 매칭을 수행한 결과를 예시한 도면이다.
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 정합된 한 쌍의 특징점으로부터 3차원 좌표값을 계산하는 과정(스테레오 비전의 원리)을 설명하기 위한 도면이다.
 도 11은 3개 이상의 점들의 좌표를 계산하여 3차원 공간 위에 표시한 결과를 예시한 도면이다.
 도 12는 3개 이상의 점들의 3차원 좌표로부터 결정된 평면을 3차원 공간 위에 표시한 결과를 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 본 발명의 일부 실시예를 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 제시된 도면은 본 발명의 예시적인 실시예들을 개략적으로 표현한 것으로, 반드시 도면에 도시된 비율로 이해할 것은 아니다. 또한 본 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 실시예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0025] 본 실시예의 구성요소를 설명하는 데 있어서 제1, 제2, i), ii), a), b) 등의 부호를 이용할 수 있다. 이러한 부호는 그 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 부호에 의해 해당 구성요소의 본질 또는 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 또한 명세서에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함' 또는 '구비'한다고 할 때, 이는 명시적으로 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한 명세서에 기재된 '~부', '모듈' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 '하드웨어' 또는 '소프트웨어' 또는 '하드웨어 및 소프트웨어의 결합'으로 구현될 수 있다.

[0026] 이하에서 설명하는 암반의 절취면 조사를 위한 이미지처리 알고리즘은 일반적인 또는 특수 목적의 컴퓨터와 같은 데이터 처리 장치에서 실행 가능한 프로그램으로 구현될 수 있다.

[0027] 암반 절취면의 표면에는 내부에 존재하는 불연속면(Discontinuity)의 일부가 노출되어 있다. 노출된 불연속면은

절취면과의 교차로 인해 3차원의 굴곡선 또는 불연속면 자체의 일부가 표면에 노출된다. 그러므로 노출된 불연속면의 3차원 형상을 정확히 모델화할 수 있다면 이로부터 면의 배열을 측정할 수 있다. 그러므로 불연속면의 이미지측량은 크게 이미지를 이용한 면의 3차원 형상(또는 3차원 모델)의 구축과 구축된 3차원 형상을 면의 방향성(경사/경사방향)으로 변환하는 과정을 거쳐 이루어진다. 본 실시예에는 암반의 절취면 조사의 특수성을 고려하여 효율적으로 정합점을 탐색할 수 있는 이미지처리 알고리즘을 제안한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스테레오 비전을 기반으로 한 3차원 모델을 구축하는 방법을 도시한 흐름도이다.

[0029] 암반의 절취면 조사시에는 좌측 이미지와 우측 이미지의 모든 픽셀들에 대하여 특징점 매칭을 수행하여야 하는 것이 아니다. 불연속면 위에 있는 3개 이상의 점의 3차원 좌표만 구하면 불연속면의 평면 방정식을 구할 수 있기 때문이다. 이를 고려하여, 본 발명의 일 실시예에서는 스테레오 비전을 기반으로 3차원 모델을 구축하기 위해서 특징점을 정합하는 방법을 이용한다. 도 1에 도시된 바와 같이, 특징점을 이용하는 방법은 스테레오 좌우 이미지의 각각에서 특징점의 위치를 검출하는 과정(S110)과, 동일한 특징점끼리 정합하는 과정(S120)과, 정합된 한 쌍의 특징점(즉, 정합점) 사이의 거리 정보를 이용하여 3차원 좌표를 계산하는 과정(S130)을 포함한다.

[0030] 이하, 각 과정에서 사용되는 알고리즘을 상세히 설명하기로 한다.

[0031] **1. 특징점 검출 및 매칭 과정**

[0032] 스테레오 좌우 이미지에서 지역적인 특징을 이용하여 정합점을 찾기 위해서는 크게 특징점을 검출하는 과정과, 각 이미지에서 검출된 특징점을 서로 매칭하여 서로 대응되는 특징점들(즉, 정합점)을 판단하는 특징점 매칭 과정이 필요하다.

[0033] 특징점 검출 과정은 이미지에서 환경이 변하더라도 강건하게 찾아질 수 있는 특징의 위치를 찾는 것이다. 특징점은 대응되는 이미지에서도 물리적으로 동일한 곳에 위치하여야 하며, 다른 이미지에서 해당 특징점이 찾아질 확률도 높아야 한다. 이미지에서 이러한 조건을 만족하는 가장 좋은 특징점은 바로 코너점(Corner Point)이다. 특징점을 추출하는 알고리즘에는 잘 알려진 SIFT(Scale Invariant Feature Transform), FAST(Features from Accelerated Segment Test), SURF(Speeded Up Robust Feature) 외에도 다양한 기법이 사용될 수 있다.

[0034] 특징점 매칭 과정은 좌측 이미지에서 검출된 특징점과 우측 이미지에서 검출된 특징점 간에 서로 동일한 측정점을 나타내는 점들을 정합하는 과정이다. 특징점 매칭 알고리즘에는 크게 픽셀의 차이값(Differences)을 이용하는 알고리즘, 비교영역의 픽셀값의 상관계수(Correlation Coefficients)를 이용하는 알고리즘이 사용될 수 있으며, 최근 제안되고 있는 Lucas-Kanade 기법, Block 기법, Horn-Schunck 기법 또는 이들을 변형하거나 조합한 다양한 매칭 알고리즘이 사용될 수 있다.

[0035] 암반의 절취면은 일정한 패턴은 없지만 특징점이 많은 특성이 있다. 또한, 특징점 매칭 시, 검출된 특징점 개수가 많을수록 특징점 매칭에 소모되는 시간이 증가한다. 소모 시간이 증가하는 이유는 개개의 특징점을 서술하는 서술자(Descriptor) 생성시간이 늘어나고, 특징점끼리의 비교 회수가 증가하기 때문이다.

[0036] 이러한 암반의 절취면의 특수성을 고려하여, 본 실시예에서는, 이미지에서 특징점들을 단계적으로 검색한다. 이는 초기에 검색된 정합점의 정보를 이용하여 비교될 수 있는 좌우영상의 영역을 더 정확히 설정함으로써 더 많은 코너점이 더 정확히 비교되는 효과를 얻고자 함이다.

[0037] 또한, 본 실시예에서는, 사용자에게 의해 지정된 선택영역 내에서, 이미 검출된 정합점을 참조하여 새로운 정합점을 찾는다. 예컨대, 사용자는, 마우스를 드래그하는 방식 등으로, 불연속면으로 판단되는 특정 영역 또는 충분한 정합점이 없는 특정 영역 등 추가적인 정합점을 찾고자 하는 영역을 선택할 수 있다. 사각형의 선택영역 안에서 이미 알려진 정합점을 기초로 좌우 이미지에서 비교영역을 결정하고, 결정된 비교영역 내에서 새로운 특징점들을 추가로 검출한다.

[0038] 나아가, 본 실시예에서는, 추가로 검출된 특징점들을 대상으로 특징점 매칭을 수행시, 그 검색 영역을 선택영역 내로 제한한다. 기존(1차 특징점 매칭)에 찾아진 정합점을 기준으로 비교될 좌우 이미지 영역을 선택하여 하위 매칭을 수행하므로, 좌우 이미지의 비교 영역이 서로 유사한 영역이어서 좌우 영상에서 비교되는 영역의 디스퍼리티(Disperity)가 적게된다. 후술한 특징점 매칭 알고리즘들은 정합점의 변위가 적은 좌우 이미지에 대해서 그 정확성이 높은 특성을 가지며, 결과적으로 본 실시예에 따르면, 하위 매칭의 정확성이 상당히 높게 된다.

[0039] 이러한 방식들을 통해, 본 실시예는 특징점 검출 및 특징점 매칭 알고리즘의 속도를 향상시킬 뿐만 아니라, 소

수의 점들에 대하여 보다 정밀한 특징점 매칭을 가능하게 한다.

[0040] 이하, 도 2 내지 도 9를 참조하여, 암반의 절취면 조사에 사용되는 개선된 특징점 매칭 알고리즘을 보다 상세히 설명한다.

[0041] **1-1. 1차 특징점 매칭**

[0042] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 1차 특징점 매칭 방법을 도시한 흐름도이다. 전술한 바와 같이, 스테레오 좌우 이미지에서 정합점들을 찾기 위해서는 크게, 각 이미지에서 특징점들을 검출하는 과정과, 각 이미지에서 검출된 특징점들을 매칭하여 서로 대응되는 특징점들(즉, 정합점)을 판단하는 특징점 매칭 과정이 필요하다.

[0043] 1차 매칭은 사용자의 대응점 설정에 의해 시작된다. 즉, 사용자는 좌측 이미지와 우측 이미지에서 동일한 측정 점을 촬영한 것이라고 판단되는 픽셀(대응점)을 각각 선택한다(S210; 도 4 참조).

[0044] 다음으로, 사용자에게 의해 선택된 한 쌍의 픽셀을 기준으로, 좌측 이미지와 우측 이미지에서 서로 오버랩되는 영역을 결정한다(S220; 도 5 참조). 즉, 선택된 한 쌍의 픽셀을 기준으로, 좌측이미지와 우측이미지에서 동일한 대상체 영역을 촬영한 것이라고 판단되는 영역을 결정한다. 예컨대, 좌측 이미지에서 선택된 대응점을 기준으로 우측 방향의 가장 멀리 떨어진 픽셀과의 거리를 산출하고, 우측 이미지에서 선택된 대응점을 기준으로 좌측 방향으로 가장 멀리 떨어진 픽셀과의 거리를 산출하며, 이들 2개의 거리를 이용하여 오버랩되는 영역의 크기를 나타내는 윈도우를 결정할 수 있다.

[0045] 다음으로, 오버랩되는 영역 내에서 좌측 특징점들 및 우측 특징점들 탐색한다(S230; 도 5 참조). 여기서, 상기 좌측 특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 좌측 이미지에서 상기 절개면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점이고, 상기 제2특징점은 상기 한 쌍의 이미지들 중 우측 이미지에서 상기 절개면 형상의 특징을 묘사하는 2차원의 특징점을 의미한다.

[0046] 다음으로, 탐색된 좌측 특징점들 및 우측 특징점들에 대해 특징점 매칭을 수행한다(S240).

[0047] **1-2. 하위 특징점 매칭**

[0048] 이하에서는 1차 특징점 매칭 후 추가적으로 수행되는 하위 특징점 매칭 방법을 설명하기로 한다. 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하위 특징점 매칭 방법을 도시한 흐름도이다.

[0049] 전술한 1차 특징점 매칭은 좌측 이미지와 우측 이미지에서 서로 오버랩되는 영역 전체를 대상으로 수행되었다. 반면, 추가적인 특징점 매칭은 사용자에게 의해 지정되는 선택영역 내에서 제한적으로 수행된다. 즉, 추가적인 특징점 매칭은 사용자의 판단으로 선택된 필요영역을 집중적으로, 짧은 시간에 분석하는 방식으로 수행된다.

[0050] 먼저, 사용자는 한 쌍의 스테레오 이미지들 중 어느 하나의 이미지를 기준으로, 추가적인 정합점을 찾고자 하는 영역(선택영역)을 지정한다(S310; 도 6 참조). 예컨대, 불연속면으로 판단되는 특정 영역 또는 충분한 정합점이 없는 특정 영역을, 마우스를 드래그하는 방식 등으로 지정할 수 있다. 도 6은 좌측 이미지에서 사각형의 선택영역이 지정된 것을 예시하고 있다.

[0051] 다음으로, 어느 한 이미지(예컨대, 좌측 이미지)에서 선택영역이 지정되면, 선택영역 내에 존재하는 기존에 찾아진 정합점을 기준으로, 다른 한 이미지(예컨대, 우측 이미지)에서 상기 선택영역에 대응되는 영역을 비교영역으로 결정한다(S320; 도 7 참조). 예컨대, 좌측 이미지에서 지정된 선택영역 내에 이미 존재하는 기 매칭된 특징점들 중에서 어느 하나를 임의로 선정하고, 선정된 특징점과 매칭되는 우측 이미지상의 특징점을 기준으로 상기 선택영역의 크기와 동일한 크기의 영역을 비교영역으로 결정할 수 있다.

[0052] 다음으로, 선택영역 및 비교영역 내에서 추가적인 특징점을 탐색하고, 탐색된 특징점들에 대한 매칭 작업도 이들 영역으로 한정하여 수행한다(S330~S340; 도 8 참조). 하위 매칭 과정에서 탐색하는 특징점들은 1차 특징점 매칭에서 탐색한 특징점들보다 강인함 수준이 낮을 수 있다.

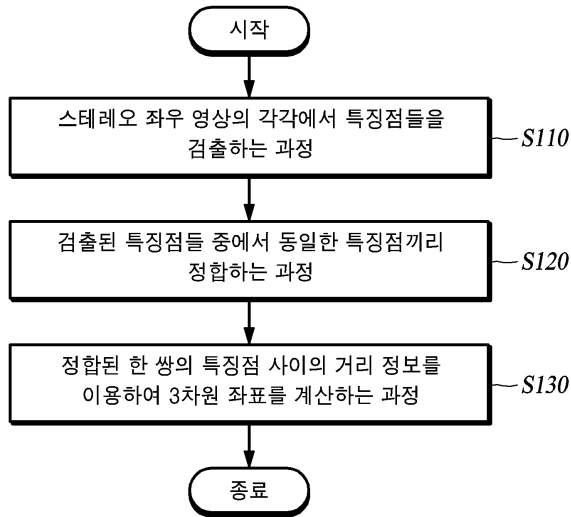
[0053] 사용자는 불연속면으로 판단되는 특정 영역 또는 충분한 정합점이 없는 특정 영역에 대해, 적절한 수준까지 특징점 내지 정합점을 얻을 때까지, 위와 같이 하위 매칭 과정을 반복할 수 있다. 도 9에는 3차 특징점 매칭을 수행한 결과를 예시되어 있다. 특히, 하위 매칭 작업은 선택영역 내에 존재하는 기존의 특징점(또는 정합점)들 중에서 강인함 수준이 가장 낮은 특징점들보다 한 단계 더 낮은 수준의 특징점들을 탐색하도록 구성될 수 있다.

[0054] 이렇게 얻어진 정합점은 후술할 스테레오 비전의 원리에 기초하여 3차원의 특징점을 산출하는 데 사용된다.

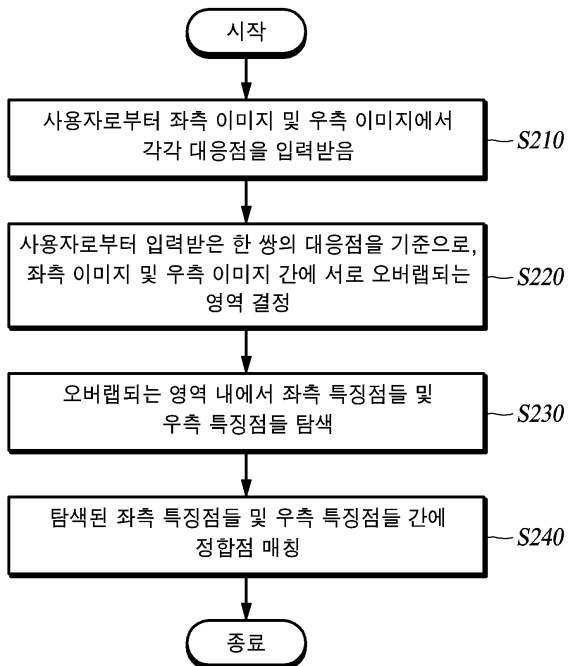
[0055] **2. 3차원 좌표값 계산 과정**

도면

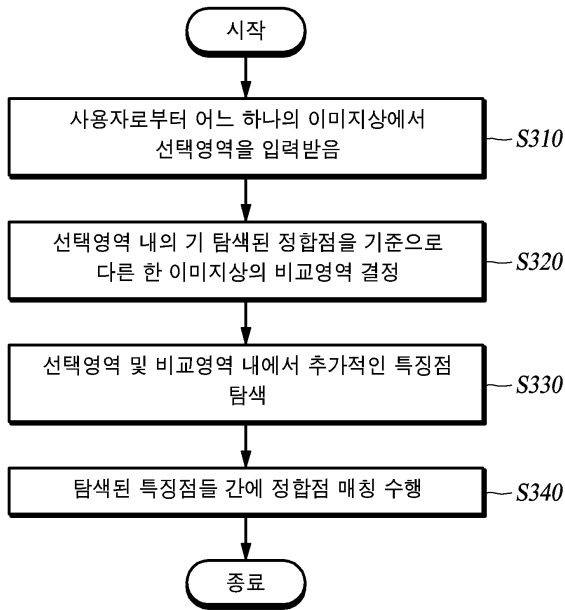
도면1



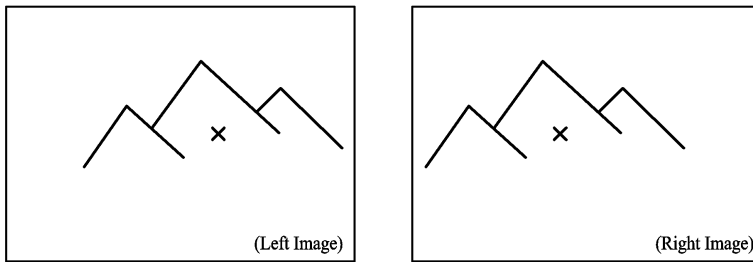
도면2



도면3

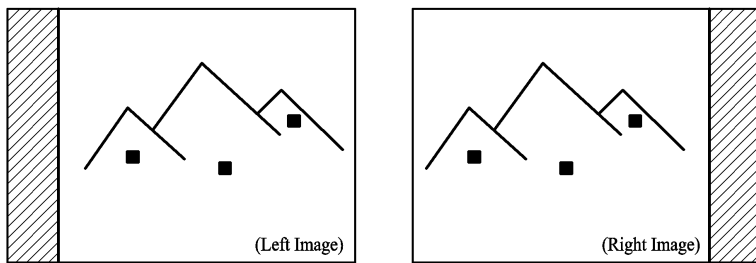


도면4



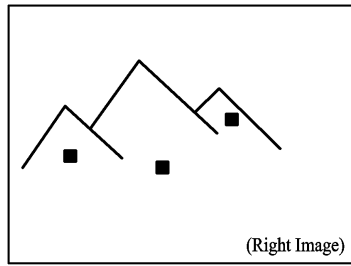
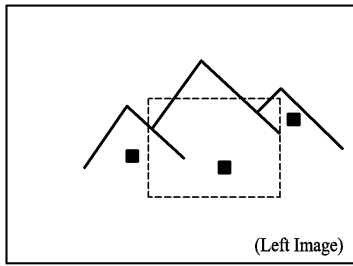
× 대응점

도면5



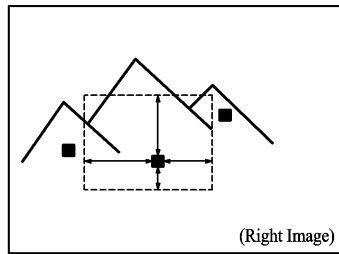
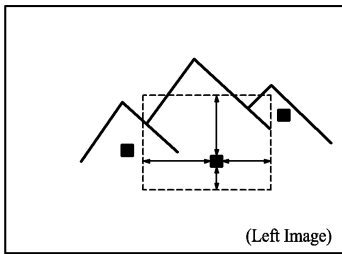
■ 1차 특징점

도면6



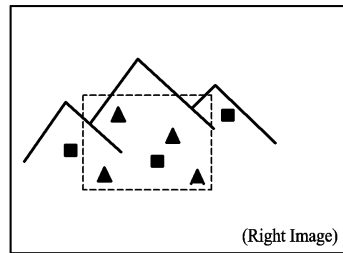
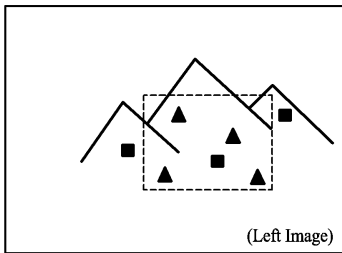
■ 1차 특징점

도면7



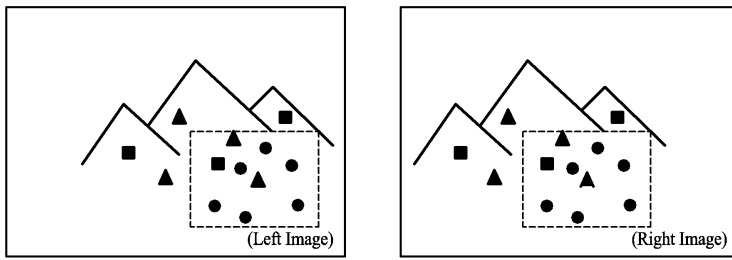
■ 1차 특징점

도면8



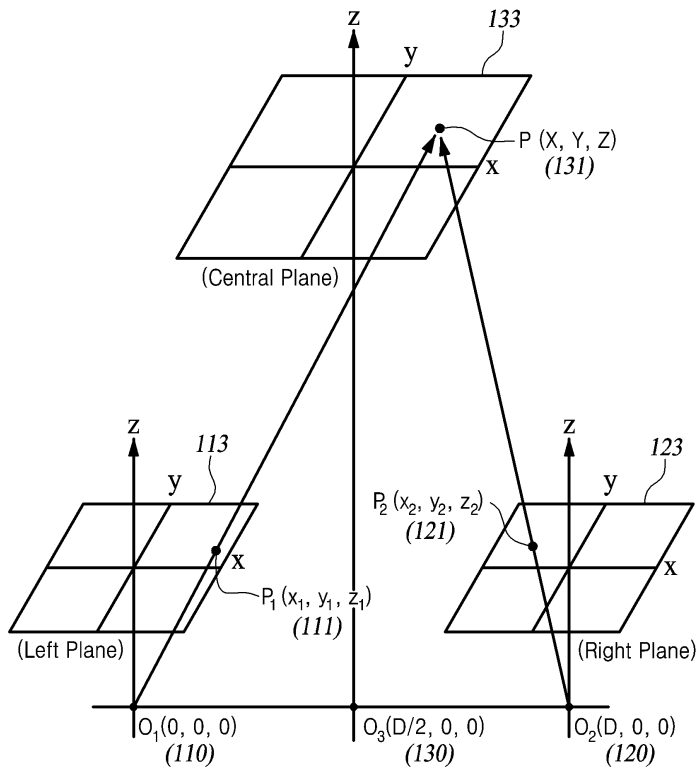
■ 1차 특징점
▲ 2차 특징점

도면9

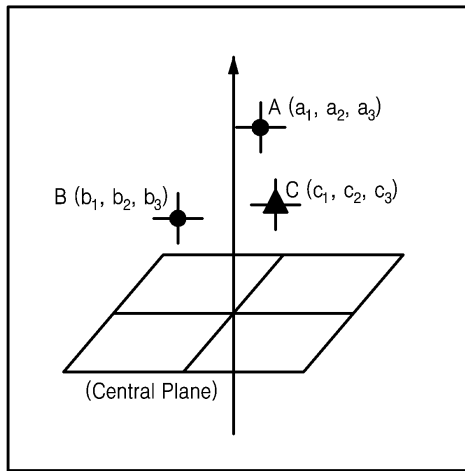


- 1차 특징점
- ▲ 2차 특징점
- 3차 특징점

도면10



도면11



도면12

