(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월03일
(11) 등록번호 10-2247288
(24) 등록일자 2021년04월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/50 (2006.01) *G06T 3/00* (2019.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/50 (2013.01)
G06T 3/0093 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0028996
(22) 출원일자 2020년03월09일
심사청구일자 2020년03월09일
(30) 우선권주장
1020190157055 2019년11월29일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190066384 A*
Junhong Gao ET AL: "Constructing image panoramas using dual-homography warping", CVPR 2011, 20-25 June 2011(2011.06.20.) 1부.*
K. Lin, N. Jiang, L.-F. Cheong, M. Do, and J. Lu, "SEAGULL: Seamguided local alignment for parallax-tolerant image stitching",in Proc. Eur. Conf. Comput. Vis., pp.370-385, Sept. 2016(2016.09.17.) 1부.*
JP2000155831 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
심재영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이규열
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

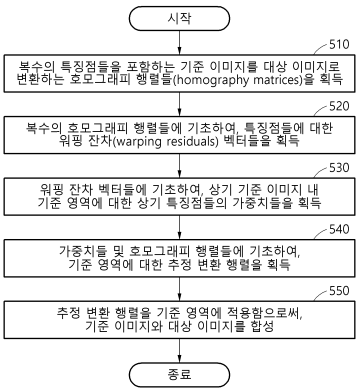
전체 청구항 수 : 총 17 항 심사관 : 김광식

(54) 발명의 명칭 **워핑 잔차에 기초하여 시차가 큰 이미지를 스티칭하는 방법 및 장치**

(57) 요 약

워핑 잔차에 기반한 스티칭 알고리즘에 따른 이미지 합성 방법에 관한 기술이다. 일실시예는 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계, 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하는 단계, 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계, 가중치들 및 호모그래피 행렬들에 기초하여, 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하는 단계 및 추정 변환 행렬을 기준 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
G06T 2207/20221 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711090552
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 360° 대용량 실감 3차원 장면 복원을 위한 유리 영상 처리 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711081170
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 디지털콘텐츠원천기술개발(R&D)
연구과제명 이동 객체에 대한 증강현실 서비스 실현을 위한 정보-영상 정합기술 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

프로세서에 의해 수행되는 복수의 이미지를 합성하는 방법에 있어서,

복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계;

상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하는 단계;

상기 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계;

상기 가중치들 및 상기 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하는 단계; 및

상기 추정 변환 행렬을 상기 기준 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계

를 포함하고,

상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들을 획득하는 단계는

상기 특징점들 각각에 대하여,

상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용하여, 대응되는 상기 대상 이미지 내 특징점과의 워핑 잔차를 계산하는 단계; 및

상기 워핑 잔차들로 구성된 상기 워핑 잔차 벡터를 획득하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계는

상기 대상 이미지 내 대상 영역에 대한 제1 추정 역 변환 행렬을 획득하는 단계; 및

상기 제1 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 대상 영역에 포함된 픽셀들 및 상기 제1 추정 역 변환 행렬에 기초하여, 상기 대상 영역에 대한 워핑 손실을 계산하는 단계;

상기 대상 영역의 중심 픽셀에 상기 제1 추정 역 변환 행렬 및 상기 추정 변환 행렬을 적용하여, 상기 대상 픽

셀에 대한 워핑 거리를 계산하는 단계;

상기 워핑 손실 및 상기 워핑 거리에 기초하여, 상기 제1 추정 역 변환 행렬의 보정 여부를 판단하는 단계; 및

상기 판단에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 다른 영역들에 대한 추정 역 변환 행렬들 중 상기 워핑 손실이 적은 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계

를 더 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계는

상기 대상 영역에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 영역들 중 미리 정해진 기준에 따라 후보 영역들을 선택하는 단계;

상기 후보 영역들 각각에 대한 상기 워핑 손실을 계산하는 단계; 및

상기 워핑 손실에 기초하여, 후보 영역들 중 어느 하나에 대한 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계;

상기 제2 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용하는 단계; 및

상기 제2 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 상기 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계는

상기 기준 이미지 및 상기 대상 이미지에서 특징점들을 추출하는 단계;

상기 기준 이미지의 특징점들에 대응하는 상기 대상 이미지의 특징점들을 매칭하는 단계; 및

상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 상기 변환 행렬들을 획득하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 매칭되는 특징점 쌍들을 포함하는 후보 매칭 세트를 획득하는 단계; 및

상기 후보 매칭 세트에 대하여, 미리 정해진 중지 조건을 확인하면서 변환 행렬 추정 프로세스를 반복하는 단계

를 더 포함하고,

상기 변환 행렬 추정 프로세스는

상기 후보 매칭 세트에서 아웃라이어 제거 알고리즘을 이용하여 제1 인라이어 매칭 세트를 추정하는 단계;

상기 제1 인라이어 매칭 세트에 기초하여, 제1 변환 행렬을 추정하는 단계; 및

상기 후보 매칭 세트에서 상기 제1 인라이어 매칭 세트를 제거하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각은 상기 기준 이미지에 포함된 서로 다른 영역을 변환하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기준 이미지에 포함된 피사체 간의 경계에 기초하여 상기 기준 이미지를 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 복수의 픽셀 영역들로 분할하는 단계

를 더 포함하고,

상기 기준 영역은 상기 복수의 픽셀 영역들 중 어느 하나인

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 픽셀 영역은 슈퍼 픽셀인

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계는

상기 복수의 특징점들 중 상기 기준 영역의 중심 픽셀과 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터를 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터로 획득하는 단계; 및

상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터 및 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 가중치를 획득하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 방법.

청구항 12

하드웨어와 결합되어 제1항 내지 제7항 및 제9항 내지 제11항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 13

복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하고, 상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하고, 상기 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하고, 상기 가중치들 및 상기 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하며, 상기 추정 변환 행렬을 상기 기준 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 적어도 하나의 프로세서

를 포함하고,

상기 프로세서는

상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들을 획득함에 있어서,

상기 특징점들 각각에 대하여, 상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용하여, 대응되는 상기 대상 이미지 내 특징점과의 워핑 잔차를 계산하고, 상기 특징점들 각각에 대하여, 상기 워핑 잔차들로 구성된 상기 워핑 잔차 벡터를 획득하는

복수의 이미지를 합성하는 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성함에 있어서, 상기 대상 이미지 내 대상 영역에 대한 제1 추정 역 변환 행렬을 획득하고, 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하고, 상기 대상 영역에 포함된 픽셀들 및 상기 제1 추정 역 변환 행렬에 기초하여, 상기 대상 영역에 대한 워핑 손실을 계산하고, 상기 대상 영역의 중심 픽셀에 상기 제1 추정 역 변환 행렬 및 상기 추정 변환 행렬을 적용하여, 상기 대상 픽셀에 대한 워핑 거리를 계산하고, 상기 워핑 손실 및 상기 워핑 거리에 기초하여, 상기 제1 추정 역 변환 행렬의 보정 여부를 판단하며, 상기 판단에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 다른 영역들에 대한 추정 역 변환 행렬들 중 상기 워핑 손실이 적은 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는

복수의 이미지를 합성하는 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정함에 있어서, 상기 대상 영역에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 영역들 중 미리 정해진 기준에 따라 후보 영역들을 선택하고, 상기 후보 영역들 각각에 대한 상기 워핑 손실을 계산하고, 상기 워핑 손실에 기초하여, 후보 영역들 중 어느 하나에 대한 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정

역 변환 행렬을 보정하고, 상기 제2 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용하며, 상기 제2 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 상기 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는

복수의 이미지를 합성하는 장치.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들을 획득함에 있어서, 상기 기준 이미지 및 상기 대상 이미지에서 특징점들을 추출하고, 상기 기준 이미지의 특징점들에 대응하는 상기 대상 이미지의 특징점들을 매칭하고, 상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 매칭되는 특징점 쌍들을 포함하는 후보 매칭 세트를 획득하며, 상기 후보 매칭 세트에 대하여, 미리 정해진 중지 조건을 확인하면서 변환 행렬 추정 프로세스를 반복하고,

상기 변환 행렬 추정 프로세스는

상기 후보 매칭 세트에서 아웃라이어 제거 알고리즘을 이용하여 제1 인라이어 매칭 세트를 추정하는 단계;

상기 제1 인라이어 매칭 세트에 기초하여, 제1 변환 행렬을 추정하는 단계; 및

상기 후보 매칭 세트에서 상기 제1 인라이어 매칭 세트를 제거하는 단계

를 포함하는

복수의 이미지를 합성하는 장치.

청구항 17

삭제

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 기준 이미지에 포함된 피사체 간의 경계에 기초하여 상기 기준 이미지를 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 복수의 슈퍼 픽셀로 분할하고,

상기 기준 영역은 상기 복수의 슈퍼 픽셀 중 어느 하나인

복수의 이미지를 합성하는 장치.

청구항 19

제13항에 있어서,

상기 프로세서는

상기 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득함에 있어서, 상기 복수의 특징점들 중 상기 기준 영역의 중심 픽셀과 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터를 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터로 획득하고, 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터 및 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 가중치를 획득하는

복수의 이미지를 합성하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이하, 워핑 잔차에 기초하여 시차가 큰 이미지를 스티칭하는 방법 및 장치에 관한 기술이 제공된다.

배 경 기 술

[0002] 이미지 스티칭(image stitching)은 넓은 시야각을 가진 이미지를 생성하기 위해 다른 시야 위치에서 캡처된 복수의 이미지들을 공통 좌표 영역에 정렬하는 다양한 컴퓨터 비전 응용 프로그램에 중요한 기술이다. 최근에는 360° 파노라마 카메라 및 서라운드 뷰 모니터링 시스템과 같은 이미지 스티칭 기술을 사용하는 많은 상용 제품 및 Adobe Photoshop Photomerge 및 Autostitch등과 같은 여러 이미지를 합성하기 위한 이미지 스티칭 소프트웨어 제품이 출시되고 있다.

[0003] 기존의 이미지 스티칭 방법은 대부분 유사한 절차를 따른다. 먼저, 한 쌍의 입력 이미지에서 특징점들이 감지되고, 해당 특징점들의 대응하는 매칭 (correspondence matches)이 이미지 사이에서 발견된다. 그런 다음 대상 이미지를 대상 이미지 도메인으로 워핑하는 검출된 특징점의 매칭을 이용하여 파라메트릭 이미지 워핑 모델(parametric image warping model)을 추정한다. 마지막으로, 워핑된 대상 이미지와 대상 이미지 사이의 겹친 영역의 픽셀 값을 결정하여 출력 스티치 이미지를 합성한다.

[0004] 이미지 스티칭의 가장 중요하고 어려운 단계 중 하나는 이미지 워핑이다. 호모그래프(Homograph)는 평면 장면(scene) 가정을 기반으로 하는 파라메트릭 평면 변형을 설명하는 단순하고 전통적인 이미지 워핑 모델이다. 그러나 캡처 된 장면이 서로 다른 장면 깊이(scene depth)의 전경 객체를 포함하여 평면 장면에 해당하지 않고, 카메라 기준선(camera baseline)이 큰 경우, 물체의 상대적인 위치가 두 이미지에서 다른 시차(parallax) 현상이 관찰된다. 이러한 경우, 호모그래피와 같은 평면 변환 모델을 사용한 스티칭 결과는 종종 객체의 경계 부근에서 시차 아티팩트(parallax artifact)를 나타낸다.

[0005] 이미지 스티칭의 시차 아티팩트를 완화시키기 위해, 이미지를 규칙적인 그리드 셀 또는 픽셀로 분할하고 각각의 분할된 구역을 다른 모델에 의해 워핑하는 적응적 워핑 알고리즘이 제안되었다. 워핑된 이미지의 왜곡을 방지하기 위해 에너지 최소화 프레임 워크가 적응적 워프의 최적화에 적용되었다. 심 커팅 방법(seam-cutting methods)에 기초하여 다른 오정렬된 영역에서 아티팩트를 숨기면서 특정 이미지 영역만을 정렬시키는 국소 정렬 기술이 제안되었다. 그러나, 시차가 큰 이미지의 경우, 하나의 이미지 내의 인접하는 픽셀들에 대응하는 다른 이미지 내의 픽셀들은 서로 인접하지 않을 수 있으며, 이는 기존의 워핑-기반 방법에 의해 얻어진 스티칭 이미지에서 심각한 시차 아티팩트를 야기할 수 있다. 에피폴라 기하학(epipolar geometry)에 기초한 큰 시차 문제를 해결하는 비디오 스티칭 방법이 제안되었지만, 비디오 시퀀스의 시간적 움직임 정보가 없는 이미지 스티칭에 직접 적용될 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0006] 일측에 따른 프로세서에 의해 수행되는 복수의 이미지를 합성하는 방법은 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계; 상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하는 단계; 상기 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계; 상기 가중치들 및 상기 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하는 단계; 및 상기 추정 변환 행렬을 상기 기준 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계는 상기 대상 이미지 내 대상 영역에 대한 제1 추정 역 변환 행렬을 획득하는 단계; 및 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 대상 영역에 포함된 픽셀들 및 상기 제1 추정 역 변환 행렬에 기초하여, 상기 대상 영역에 대한 워핑 손실을 계산하는 단계; 상기 대상 영역의 중심 픽셀에 상기 제1 추정 역 변환 행렬 및 상기 추정 변환 행렬을 적용하여, 상기 대상 픽셀에 대한 워핑 거리를 계산하는 단계; 상기 워핑 손실 및 상기 워핑 거리에 기초하여, 상기 제1 추정 역 변환 행렬의 보정 여부를 판단하는 단계; 및 상기 판단에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 다른 영역들에 대한 추정 역 변환 행렬들 중 상기 워핑 손실이 적은 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0009] 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계는 상기 대상 영역에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 영역들 중 미리 정해진 기준에 따라 후보 영역들을 선택하는 단계; 상기 후보 영역들 각각에 대한 상기 워핑 손실을 계산하는 단계; 및 상기 워핑 손실에 기초하여, 후보 영역들 중 어느 하나에 대한 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계; 상기 제2 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용하는 단계; 및 상기 제2 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 상기 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계는 상기 기준 이미지 및 상기 대상 이미지에서 특징점들을 추출하는 단계; 상기 기준 이미지의 특징점들에 대응하는 상기 대상 이미지의 특징점들을 매칭하는 단계; 및 상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 상기 변환 행렬들을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 매칭되는 특징점 쌍들을 포함하는 후보 매칭 세트를 획득하는 단계; 및 상기 후보 매칭 세트에 대하여, 미리 정해진 중지 조건을 확인하면서 변환 행렬 추정 프로세스를 반복하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 변환 행렬 추정 프로세스는 상기 후보 매칭 세트에서 아웃라이어 제거 알고리즘을 이용하여 제1 인라이어 매칭 세트를 추정하는 단계; 상기 제1 인라이어 매칭 세트에 기초하여, 제1 변환 행렬을 추정하는 단계; 및 상기 후보 매칭 세트에서 상기 제1 인라이어 매칭 세트를 제거하는 단계 를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각은 상기 기준 이미지에 포함된 서로 다른 영역을 변환하는 행렬에 해당할 수 있다.

[0014] 상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들을 획득하는 단계는 상기 특징점들 각각에 대하여, 상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용하여, 대응되는 상기 대상 이미지 내 특징점과의 워핑 잔차를 계산하는 단계; 및 상기 워핑 잔차들로 구성된 상기 워핑 잔차 벡터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 기준 이미지에 포함된 피사체 간의 경계에 기초하여 상기 기준 이미지를 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 복수의 픽셀 영역들로 분할하는 단계를 더 포함하고, 상기 기준 영역은 상기 복수의 픽셀 영역들 중 어느 하나에 해당할 수 있다.

[0016] 상기 픽셀 영역은 슈퍼 픽셀에 해당할 수 있다.

[0017] 상기 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계는 상기 복수의 특징점들 중 상기 기준 영역의 중심 픽셀과 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터를 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터로 획득하는 단계; 및 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터 및 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 가중치를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 일측에 따른 복수의 이미지를 합성하는 장치는 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하고, 상기 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하고, 상기 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하고, 상기 가중치들 및 상기 호모그래피 행렬들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하며, 상기 추정 변환 행렬을 상기 기준 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하는 적어도 하나의 프로세서를 포함한다.

[0019] 상기 프로세서는 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성함에 있어서, 상기 대상 이미지 내 대상 영역에

대한 제1 추정 역 변환 행렬을 획득하고, 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용함으로써, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성하고, 상기 대상 영역에 포함된 픽셀들 및 상기 제1 추정 역 변환 행렬에 기초하여, 상기 대상 영역에 대한 워핑 손실을 계산하고, 상기 대상 영역의 중심 픽셀에 상기 제1 추정 역 변환 행렬 및 상기 추정 변환 행렬을 적용하여, 상기 대상 픽셀에 대한 워핑 거리를 계산하고, 상기 워핑 손실 및 상기 워핑 거리에 기초하여, 상기 제1 추정 역 변환 행렬의 보정 여부를 판단하며, 상기 판단에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 다른 영역들에 대한 추정 역 변환 행렬들 중 상기 워핑 손실이 적은 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정할 수 있다.

[0020] 상기 프로세서는 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정함에 있어서, 상기 대상 영역에 기초하여, 상기 대상 이미지에 포함된 영역들 중 미리 정해진 기준에 따라 후보 영역들을 선택하고, 상기 후보 영역들 각각에 대한 상기 워핑 손실을 계산하고, 상기 워핑 손실에 기초하여, 후보 영역들 중 어느 하나에 대한 제2 추정 역 변환 행렬로 상기 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하고, 상기 제2 추정 역 변환 행렬을 상기 대상 영역에 적용하며, 상기 제2 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 상기 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 상기 기준 이미지와 상기 대상 이미지를 합성할 수 있다.

[0021] 상기 프로세서는 상기 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들을 획득함에 있어서, 상기 기준 이미지 및 상기 대상 이미지에서 특징점들을 추출하고, 상기 기준 이미지의 특징점들에 대응하는 상기 대상 이미지의 특징점들을 매칭하고, 상기 특징점들의 매칭에 기초하여, 매칭되는 특징점 쌍들을 포함하는 후보 매칭 세트를 획득하며, 상기 후보 매칭 세트에 대하여, 미리 정해진 중지 조건을 확인하면서 변환 행렬 추정 프로세스를 반복할 수 있다.

[0022] 상기 변환 행렬 추정 프로세스는 상기 후보 매칭 세트에서 아웃라이어 제거 알고리즘을 이용하여 제1 인라이어 매칭 세트를 추정하는 단계; 상기 제1 인라이어 매칭 세트에 기초하여, 제1 변환 행렬을 추정하는 단계; 및 상기 후보 매칭 세트에서 상기 제1 인라이어 매칭 세트를 제거하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 프로세서는 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들을 획득함에 있어서, 상기 특징점들 각각에 대하여, 상기 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용하여, 대응되는 상기 대상 이미지 내 특징점과의 워핑 잔차를 계산하고, 상기 특징점들 각각에 대하여, 상기 워핑 잔차들로 구성된 상기 워핑 잔차 벡터를 획득할 수 있다.

[0024] 상기 프로세서는 상기 기준 이미지에 포함된 피사체 간의 경계에 기초하여 상기 기준 이미지를 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 복수의 슈퍼 픽셀로 분할할 수 있다.

[0025] 상기 프로세서는 상기 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득함에 있어서, 상기 복수의 특징점들 중 상기 기준 영역의 중심 픽셀과 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터를 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터로 획득하고, 상기 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터 및 상기 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 영역에 대한 가중치를 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1a 및 도 1b는 서로 다른 각도에서 촬영한 이미지 I 및 J와 특징점들을 도시한 도면들.

도 2a 내지 도 2d는 가중치 기반의 워핑 잔차의 효과를 설명하기 위한 도면들.

도 3a는 시차가 큰 한 쌍의 입력 이미지를 도시한 도면.

도 3b 내지 도3d는 세 개의 추정된 호모그래피 각각에 의해 입력 이미지를 워핑하여 얻은 이미지 스티칭 결과를 도시한 도면들.

도 4a는 시차가 큰 한 쌍의 입력 이미지 중 일실시예에 따른 이미지 I를 도시한 도면.

도 4b는 시차가 큰 한 쌍의 입력 이미지 중 일실시예에 따른 이미지 J를 도시한 도면.

도 4 c는 이미지 I의 워핑된 이미지를 도시한 도면.

도 4d는 이미지 I의 워핑된 이미지에 폐색된 영역을 구멍으로 표시한 도면.

도 5는 일실시예에 따른 스티칭 알고리즘에 따라 복수의 이미지를 합성하는 방법을 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0029] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0031] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0032] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술분야에서 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. 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0034] 일실시예는 시차(parallax)가 큰 두 이미지를 위한 워핑 잔차(warping residual)에 기반한 스티칭(stitching) 알고리즘을 제안한다. 다시 말해, 일실시예는 시차가 큰 두 이미지를 합성하는 방법을 개시한다. 시차 현상은 보통 이미지에 포함된 피사체(또는 객체)의 경계 부근에서 발생하기 때문에 일실시예에서는 입력 이미지를 슈퍼 픽셀(super pixels)로 분할하고 슈퍼 픽셀을 적응적으로 워핑한다. 슈퍼 픽셀은 특징이 비슷한 픽셀들의 집합을 의미하는 것으로, 예를 들어 SLIC 알고리즘을 통해 이미지 내의 픽셀들이 슈퍼 픽셀로 그룹화될 수 있다.

[0035] 일실시예에 따른 스티칭 알고리즘은 두 이미지에서 특징점을 검출하고 특징점들의 대응 매칭을 찾는다. 다시 말해, 제1 이미지에 포함된 특징점과 이에 대응하는 제2 이미지에 포함된 특징점을 매칭시킨다. 특징점의 매칭은 여러 호모그래피들 및 관련된 인라이어 매칭(inlier matches)을 추정하는 데 사용될 수 있다. 호모그래피는 3차원의 장면을 2차원 평면으로 투영시킨 이미지와 동일한 3차원의 장면을 다른 각도에서 투영시킨 이미지 사이의 변환 관계를 의미하는 것으로, 예를 들어 두 이미지 사이의 매칭되는 특징점 사이의 관계를 행렬 또는 벡터의 형태로 나타낸 것일 수 있다. 이미지를 워핑한다는 것은 이미지 내의 픽셀을 미리 정해진 위치 변환 규칙에 의해서 다른 위치로 옮기는 것으로, 예를 들어, 이미지에 포함된 픽셀들을 호모그래피에 따라 변환하는 것을 의미할 수 있다. 즉, 호모그래피는 기준 이미지와 대상 이미지가 있을 때, 기준 이미지의 특징점 및 이에 대응하는 대상 이미지의 특징점에 기초하여, 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 행렬에 해당할 수 있다. 이 경우, 기준 이미지의 픽셀에 호모그래피를 적용하여 기준 이미지를 변환하는 것을 기준 이미지를 대상 이미지로 워핑하는 것에 해당할 수 있다. 이하에서 설명하는 이미지 I는 기준 이미지에 해당하고, 이미지 J는 대상 이미지에 해당한다.

[0036] 일실시예에 따를 때, 두 이미지 내의 특징점의 매칭을 사용하여 각 슈퍼 픽셀에 대해 최적의 호모그래피를 찾을 수 있고, 최적의 호모그래피에서 각 특징점의 기여는 워핑 잔차에 따라 적응적으로 계산될 수 있다. 주어진 슈퍼 픽셀에 대한 워핑 잔차는 슈퍼 픽셀과 유사한 장면 깊이를 갖는 영역에 위치한 특징점을 강조함으로써 슈퍼 픽셀을 워핑할 때 시차 아티팩트를 완화시킨다. 더욱이, 보다 정확한 워핑을 위해 이웃하는 슈퍼 픽셀의 호모그래피를 사용하여 각 슈퍼 픽셀에서 초기 추정된 호모그래피를 보정할 수 있다.

[0038] **큰 시차를 위한 워핑 잔차**

[0039] 적응형 이미지 워핑 모델 중 하나인 MDLT(Moving Direct Linear Transformation)의 수학적 프레임 워크를 검토하고, 워핑된 슈퍼 픽셀의 정렬 오차를 계산할 때 주어진 슈퍼 픽셀과 유사한 장면 깊이에 있는 특징점에 높은 가중치를 할당하는 새로운 워핑 잔차 개념을 소개한다.

[0041] MDLT(Moving Direct Linear Transformation)

[0042] X를 실제의 3D 공간의 평면 π 위의 점이라고 하고, $x = [x1; x2; 1]^T$ 및 $y = [y1; y2; 1]^T$를 각각 두 이미지 I

및 J에 투영된 X의 픽셀들 이라고 한다. 두 픽셀 사이의 관계는 평면 π에 의해 유도된 3 x 3 호모그래피 매트릭스 H에 의해 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$y \sim Hx$$

[0043]

[0044] 여기서 ~는 스케일까지의 동등(equality up to scale)을 나타낸다. Hx와 y의 두 위치는 J에서 동일하므로 수학식 2와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned} 0_{3\times 1} &= \mathrm{y} \times \mathrm{Hx} \\ &= \begin{bmatrix} 0_{1\times 3} & -\mathrm{x}^T & y_2\mathrm{x}^T \\ \mathrm{x}^T & 0_{1\times 3} & -y_1\mathrm{x}^T \\ -y_2\mathrm{x}^T & y_1\mathrm{x}^T & 0_{1\times 3} \end{bmatrix} \mathrm{h} \end{aligned}$$

[0045]

[0046] 여기서, h는 H의 행을 벡터화하여 획득된다. x와 y가 평면 π위의 동일한 장면의 점에서 투사된 것이 아니고, I와 J 사이의 카메라 기준선이 충분히 작지 않으면 수학식 2가 유지되지 않고 표준 ‖y×Hx‖이 I와 J의 정렬 오차로 간주될 수 있다.

[0047] DLT(Direct linear transformation)은 I와 J 사이의 K개의 매칭 픽셀 쌍들에서 최적의 호모그래피 ^h를 추정하고, 수학식 3 및 수학식 4에 의해 대수 오차를 최소화할 수 있다.

수학식 3

$$\hat{\mathrm{h}} = \mathrm{argmin}_{\mathbf{h}} \sum_{k=1}^{K} \|\mathrm{g}_k\mathrm{h}\|^2, \qquad \text{s.t.} \|\mathrm{h}\| = 1$$

[0048]

수학식 4

$$= \mathrm{argmin}_{\mathbf{h}} \|\mathrm{Gh}\|^2, \qquad \text{s.t.} \|\mathrm{h}\| = 1,$$

[0049]

[0050] 여기서, g_k는 k번째 매칭 픽셀 쌍에 대한 수학식 2의 RHS(right hand side) 매트릭스에서 처음 2개의 행이고, $G \in R^{2K\times 9}$는 모든 K개의 매칭 쌍에 대한 g_k를 적층함으로써 획득된다. 최적의 호모그래피 행렬 ^H는 G의 최하위 우특이 벡터(the least significant right singular vector)인 ^h의 솔루션에서 획득된다.

[0051] 이 범용적인 호모그래피는 평면이 아닌 3D 장면들 및 큰 카메라 기준선을 가진 이미지를 정렬할 때 상당한 시차 아티팩트를 생성할 수 있다. 이러한 아티팩트를 완화시키기 위해, 이미지를 규칙적인 그리드의 셀로 분할하고 각 셀에 대한 호모그래피를 적응적으로 추정하는 방법인 MDLT를 이용할 수 있다. i번째 셀에 대한 최적의 호모그래피 $\hat{H}_i$는 (벡터화된 형태 $\hat{h}_i$와 동등하게) 수학식 5와 같이 가중치 행렬 W_i를 수학식 4에 도입하여

추정된다.

수학식 5

[0052] $$\hat{\mathbf{h}}_i = \mathrm{argmin}_{\mathbf{h}} \|\mathbf{W}_i\mathbf{G}\mathbf{h}\|^2, \qquad \text{s.t.} \|\mathbf{h}\| = 1$$

[0053] 여기서, $W_i \in R^{2K\times 2K}$는 i번째 셀에 대한 수학식 6과 같은 대각 행렬이다.

수학식 6

[0054] $$\mathbf{W}_i = \mathrm{diag}([w_{i,1}\ w_{i,1}\ w_{i,2}\ w_{i,2}\ \cdots\ w_{i,K}\ w_{i,K}])$$

[0055] 가중치 $w_{i,k}$는i번째 셀의 중심 픽셀 c_i와 k 번째 특징점 x_k 사이의 공간 거리를 사용하여 수학식 7과 같이 정의된다.

수학식 7

[0056] $$w_{i,k} = \max(\exp(-\|\mathbf{c}_i - \mathbf{x}_k\|^2/\sigma^2), \gamma)$$

[0058] 워핑 잔차 기반 변환

[0059] 수학식 7에 정의된 공간 거리 기반 가중치($w_{i,k}$)는 범용적인 호모그래피에 기초한 이미지 워핑 방법의 아티팩트를 완화하지만, 특히 시차가 큰 이미지에서 심각한 오정렬 아티팩트로 인한 문제점을 갖고 있다.

[0060] 예를 들어 도 1a를 참조할 때, 두 점 x_1과 x_2는 평면 π^1에 있고 점 x_3은 다른 평면 π^2에 있는 세 개의 특징점을 갖는 이미지 I가 있을 수 있다. 두 개의 평면 π^1 및 π^2는 서로 다른 장면 깊이를 갖고 심각한 시차를 유발하는 것으로 가정할 수 있다. 따라서, 이를 다른 각도에서 투영시킨 이미지 J에서의 평면 π^1 및 π^2의 상대적 위치는 I에서의 상대적 위치와 크게 다르다. I와 J 사이의 3 개의 매칭 쌍 $\{x_k \leftrightarrow y_k\}_{k=1}^3$을 고려할 때, 도 1a 및 도1b를 참조하면, I에서의 x_1과 x_2 사이의 상대적 위치는 J에서의 대응점 y_1과 y_2의 위치와 동일하지만, I에서의 x_2와 x_3 사이의 상대적 위치는 J에서의 대응점 y_2와 y_3의 위치와 다를 수 있다. 수학식 7의 기존 가중치 체계는 다른 장면 깊이에 관계없이 공간적으로 더 가까운 특징점에 더 높은 가중치를 할당하므로 객체의 경계 근처에서 시차 아티팩트를 생성한다.

[0061] 이 단점을 극복하기 위해, 먼저 I와 J 사이에서 가능한 여러 개의 호모그래피 행렬들 H^m을 추출하고, m 번째 호모그래피 H^m과 관련하여 k 번째 특징점 x_k의 워핑 잔차 r^m_k를 도입할 수 있다. r^m_k는 수학식 8과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0062] $$r_k^m = \|\mathbf{y}_k - \mathbf{H}^m\mathbf{x}_k\|$$

[0063] 예를 들어 도 1a 및 도 1b를 참조할 때, π^1및 π^2와 관련된 두 개의 호모그래피 H^1 및 H^2를 각각 사용하여 세

점$\{x_k\}_{k=1}^{3}$을 워핑할 수 있다. x_1 및 x_2는 π^1에 있기 때문에, H^1에 의해 유도된 워핑 잔차 r^1_1 및 r^1_2는 작지만, H^2에 의해 유도된 워핑 잔차 r^2_1 및 r^2_2는 커진다. 반대로, x_3은 π^2에 있으므로, 각각 작은 워핑 잔차 r^2_3 및 큰 워핑 잔차 r^1_3를 초래한다.

[0064] k번째 특징점 x_k에 대해, M 개의 호모그래피 $\{H^m\}_{m=1}^{M}$을 사용하여 워핑 잔차 벡터 r_k를 수학식 9와 같이 정의할 수 있다.

수학식 9

[0065] $$\mathbf{r}_k = [r_k^1\ r_k^2\ \cdots\ r_k^M]^T$$

[0066] 서로 다른 장면 깊이에 위치한 점들은 서로 다른 워핑 잔차 벡터를 생성하는 반면, 같은 평면 영역에 위치한 특징점들은 서로 비슷한 워핑 잔차 벡터를 갖는 경향이 있기 때문에, 워핑 잔차 벡터들은 암시적으로 전체 장면 구조를 나타낼 수 있다.

[0067] 시차가 큰 이미지 스티칭에는 워핑 잔차 벡터를 사용할 수 있다. 특히 시차 현상은 일반적으로 객체의 경계 부근에서 발생하기 때문에, 일실시예에서는 입력 이미지를 슈퍼 픽셀로 분할하여, 슈퍼 픽셀 별로 적응적으로 워핑한다. 일실시예에 따를 때, 기존 공간 거리 기반의 가중치 $w_{i,k}$가 제안된 워핑 잔차 기반의 가중치 $w^{prop}_{i,k}$로 대체된 수학식 5를 풀어, i 번째 슈퍼 픽셀 S_i에 대한 최적의 호모그래피 $\hat{h}_i$를 추정한다. $w^{prop}_{i,k}$는 수학식 10과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 10

[0068] $$w_{i,k}^{\text{prop}} = \max(\exp(-\|\mathbf{R}_i - \mathbf{r}_k\|^2/\sigma^2), \gamma)$$

[0069] 여기서, R_i는 i번째 슈퍼 픽셀 S_i의 워핑 잔차 벡터이며, 이는 S_i의 중심에 가장 가까운 특징점 x_k의 워핑 잔차 벡터에 의해 정의된다. σ 및 γ는 예를 들어, $\sigma = 4$, $\gamma = 0.01$로 설정될 수 있다. 각각의 슈퍼 픽셀은 타겟 슈퍼 픽셀과 유사한 평면 영역에 위치한 특징점에 높은 가중치를 부여함으로써 적응적으로 워핑될 수 있다.

[0070] 도 2a 내지 도 2d는 가중치 체계 기반의 워핑 잔차의 효과를 설명하기 위한 도면들이다. 도 2a 및 도 2b에서 빨간색 객체와 건물들은 각각의 시야에서 상대적인 위치가 서로 달라, 두 이미지는 큰 시차를 갖는다. 도 2 c는 분할된 규칙적인 그리드 셀과 특정 알고리즘(예를 들어, APAP)을 적용하여 획득된 특징점을 시각화하여 도시한 것이다. 도 2c를 참조할 때, 흰색 가위표에 의해 표시된 대상 그리드 셀과 관련한 특징점에 대하여 공간 거리에 기반한 수학식 7의 가중치를 계산할 수 있다. 이 경우, 대상 그리드 셀에 공간적으로 더 가까운 특징점에 더 높은 가중치가 할당된다. 특히 대상 그리드 셀이 빨간색 물체 위에 있더라도 빨간색 물체 위의 점들 뿐만 아니라 흰색 타워 위의 점에도 높은 가중치가 할당될 수 있다. 한편, 도 2d는 분할된 슈퍼 픽셀들 및 흰색 가위표로 표시한 주어진 대상 슈퍼 픽셀을 도시한 도면이다. 도 2d를 참조할 때, 흰색 가위표에 의해 표시된 대상 슈퍼 픽셀과 관련된 특징점에 대하여 수학식 10의 워핑 잔차 기반의 가중치를 계산할 수 있다. 이 경우, 대상 슈퍼 픽셀과 동일하게 빨간색 물체 위에 있는 특징점에만 높은 가중치가 할당되는 한편, 빨간색 물체와 다른 장면 깊이에 있는 흰색 타워에 위치한 공간적으로 가까운 특징점에 대한 가중치는 효과적으로 억제될 수 있다. 또한, 시차 아티팩트가 주로 발생하는 객체의 경계는 일반적으로 슈퍼 픽셀의 경계에 해당하므로, 시차 아티팩트를 효과적으로 억제할 수 있다.

[0072] **이미지 워핑**

[0073] 먼저 두 이미지 사이에서 유효한 복수의 호모그래피를 추정하는데, 이는 워핑 잔차를 계산하는 데 사용된다.

입력 이미지를 슈퍼 픽셀로 분할하고, 워핑 잔차에 기초하여 각 슈퍼 픽셀에서의 최적의 호모그래피를 추정한다. 또한, 보다 안정적인 이미지 정렬을 위한 폐색(occlusion)을 처리하기 위해 처음에 추정된 호모그래피를 보정한다.

[0075] 복수의 호모그래피 추정

[0076] 두 개의 이미지 I와 J 사이의 초기 매칭 세트 F_{init}를 얻기 위한 SIFT을 사용함으로써 특징점들을 찾는다. 그런 다음 F_{init}를 사용하여, M개의 호모그래피 $\{H^m\}_{m=1}^M$ 및 연관된 인라이어 매칭 $\{F^m_{inlier}\}_{m=1}^M$을 추정한다. 후보 매칭 세트 F_{cand}를 F_{init}로 초기화하고, 임계치 η=0.01인 MULTI-GS의 아웃라이어(outlier) 제거 방법을 사용하여 F_{cand}에서 인라이어 세트 F^1_{inlier}이 있는 첫 번째 호모그래피 H^1을 추정한다. 안정적인 호모그래피 추정을 위해, 특징점들의 정규화된 좌표들을 사용하고, 50 픽셀 거리 내의 인접한 점이 없는 고립된 특징점들의 대응점들을 F^1_{inlier}에서 제거한다. F_{cand}에서 F^1_{inlier}를 빼고, 업데이트 된 F_{cand}에서 다음 호모그래피 H^2와 해당 인라이어 세트 F^2_{inlier}를 계속하여 추정한다. 예를 들어, 이 프로세스는 중지 조건 $\|F^m_{inlier}\| < 8$ 또는 $\|F_{cand}\| / \|F_{init}\| < 0.02$를 만족할 때까지 5 번까지 반복될 수 있다. 또한, 반복 중에 하나의 호모그래피만 유효한 것으로 추정되는 경우, 입력 이미지가 작은 시차를 나타내는 것으로 간주하고 더 완화된 인라이어의 임계값 η = 0.1을 사용하여 H^1 및 F^1_{inlier}를 다시 추정할 수 있다. 마지막으로, 획득한 세트 $\{F^m_{inlier}\}_{m=1}^M$를 전체 인라이어 매칭점들의 세트 F_{inlier} 로 결합한다. 도 3a는 시차가 큰 한 쌍의 입력 이미지를 도시한 도면이고, 도 3b 내지 도3d는 세 개의 추정된 호모그래피 각각에 의해 입력 이미지를 워핑하여 얻은 이미지 스티칭 결과를 도시한 도면들이다. 복수의 호모그래피들 각각은 이미지 내의 특정 영역만을 정렬할 수 있다. 예를 들어, 도 3b를 참조할 때, 제1 호모그래피는 흰색 건물이 포함된 영역만을 정렬하고, 도 3c를 참조할 때, 제2 호모그래피는 바닥 평면이 포함된 영역만을 정렬하며, 도 3 d를 참조할 때, 제3 호모그래피는 파란색 객체가 포함된 영역만을 정렬한다.

[0078] 최적의 워핑 추정

[0079] 상술한 바와 같이 SLIC을 사용하여 입력 이미지 I를 슈퍼 픽셀로 분할하고 수학식 10의 워핑 잔차 기반 가중치를 기반으로 수학식 5를 풀어 계산한 최적의 호모그래피에 따라 I의 각 슈퍼 픽셀을 J로 워핑한다. I에서 J로 워핑하는 것을 순방향의 워핑이라고 할 때, 이러한 순방향의 워핑은 워핑된 이미지 영역에 구멍을 만들 수 있으므로, J에서 I로 역 워핑을 수행한다. 구체적으로, 이미지 J 및 이미지 I의 워핑된 이미지를 포함하는 J 도메인의 대형 캔버스를 예로 든다. J 내부는 SLIC을 사용하여 분할되고, J 외부는 100*100의 균일한 그리드의 슈퍼 픽셀로 분할되도록 캔버스를 슈퍼 픽셀로 분할한다. 캔버스의 j번째 슈퍼 픽셀 S^J_j각각에 대해 순방향의 워핑에 대한 호모그래피 추정과 마찬가지로 수학식 5에 기초하여 초기 호모그래피 $\hat{H}^{J\to I}_j$ 값을 추정한다. 그런 다음 $\hat{H}^{J\to I}_j$에 따라 S^J_j에 대응하는 I의 픽셀을 캔버스 도메인에 포함하여 구멍없는 I의 워핑된 이미지를 생성한다.

[0080] 도 4a 및 도 4b는 각각 2 개의 이미지 I 및 J를 나타내고, 도 4 c는 I의 워핑된 이미지를 나타낸다. 도 4c를 참조할 때, 대부분의 픽셀이 정확하게 워핑되었으나, 노란색 상자에 표시된 것처럼 폐색으로 인해 물고기 조각상의 꼬리가 두 번 나타난다. 이 폐색 아티팩트를 처리하기 위해, 대응하는 픽셀이 I 내에 있는 캔버스 도메인의 슈퍼 픽셀이 I에서 폐색되어 있는지 확인한다. 이를 위해, 먼저 S^J_j에 대한 워핑 손실을 수학식 11과 같이 계산한다.

수학식 11

$$L(S_j^{\mathcal{J}}) = \frac{1}{|S_j^{\mathcal{J}}|} \sum_{\mathbf{q} \in S_j^{\mathcal{J}}} \left\| \mathcal{J}(\mathbf{q}) - \mathcal{I}(\hat{\mathbf{H}}_j^{\mathcal{J}\to\mathcal{I}}\mathbf{q}) \right\|$$

[0081]

[0083] 여기서, 큰 워핑 손실을 갖는 슈퍼 픽셀은 일반적으로 I에서 폐색된 슈퍼 픽셀로 평가된다. 또한 S^J_j에 대한 양방향 워핑 거리를 수학식 12와 같이 계산한다.

수학식 12

$$d(\mathbf{c}_j) = \left\| \mathbf{c}_j - \hat{\mathbf{H}}_i \hat{\mathbf{H}}_j^{\mathcal{J}\to\mathcal{I}} \mathbf{c}_j \right\|$$

[0085]

[0086] 여기서 c_j는 S^J_j의 중심 픽셀이고, $\hat{H}_i$는 $\hat{H}^{J\to I}c_j$를 포함하는 I 내의 i번째 슈퍼 픽셀에서의 순방향 워핑의 호모그래피를 나타낸다. 도 4c에 도시된 바와 같이 I에서 폐색되어 있기 때문에 도 4b를 참조할 때, 빨간색 점으로 표시된 바와 같이 워핑된 이미지에서 c_j와 c_j가 양방향으로 워핑된 점 사이의 거리가 크게 나타난다. 예를 들어, $L(S^J_j)$> 20이고 $d(c_j)$가 J의 대각선 길이의 2 %보다 클 때, S^J_j가 폐색되어 있는 것으로 판단할 수 있다. 또한 폐색된 것으로 판단된 슈퍼 픽셀에 대해 연결된 구성 요소 분석을 수행하고, 폐색된 영역과 연결된 가장 큰 영역들 M-1개를 선택한다. 도 4d는 폐색된 영역을 구멍으로 표시한 J의 캔버스 영역에 I의 워핑된 이미지를 도시한 도면이다.

[0087] 슈퍼 픽셀의 워핑 잔차 벡터는 슈퍼 픽셀에 가장 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터에 의해 정의되며, 정렬 오차를 야기할 수 있다. 따라서, S^J_j에 대한 추정된 호모그래피 $\hat{H}^{J\to I}_j$를 S^J_j에 가장 가까운 100개의 슈퍼 픽셀들 중 수학식 11에 따른 워핑 손실이 최소인 이웃하는 슈퍼 픽셀의 호모그래피로 보정한다.

[0089] 도 5는 일실시예에 따른 스티칭 알고리즘에 따라 복수의 이미지를 합성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다. 일실시예에 따른 이미지 합성은 이미지 스티칭을 포함할 수 있다.

[0090] 도 5를 참조할 때, 일실시예에 따른 복수의 이미지를 합성하는 방법은 복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득하는 단계(510), 복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득하는 단계(520), 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득하는 단계(530), 가중치들 및 호모그래피 행렬들에 기초하여, 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득하는 단계(540), 및 추정 변환 행렬을 기준 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계(550)를 포함할 수 있다.

[0091] 일실시예에 따른 기준 이미지는 상술한 이미지 I, 대상 이미지는 상술한 이미지 J에 대응될 수 있다.

[0092] 일실시예에 따른 단계(510)에서 획득된 호모그래피 행렬들은 상술한 H^m에 대응될 수 있다. 일실시예에 따를 때, 단계(510)는 기준 이미지 및 대상 이미지에서 특징점들을 추출하는 단계, 기준 이미지의 특징점들에 대응하는 상기 대상 이미지의 특징점들을 매칭하는 단계; 및 특징점들의 매칭에 기초하여, 호모그래피 행렬들을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0093] 일실시예에 따른 단계(510)는 특징점들의 매칭에 기초하여, 매칭되는 특징점 쌍들을 포함하는 후보 매칭 세트를 획득하는 단계 및 후보 매칭 세트에 대하여, 미리 정해진 중지 조건을 확인하면서 변환 행렬 추정 프로세스를 반복하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 후보 매칭 세트는 상술한 F_{cand}에 대응될 수 있고, 미리 정해진 중지

조건의 예는 상술한 $\|F^{m}_{inlier}\| < 8$ 또는 $\|F_{cand}\| / \|F_{init}\| < 0.02$ 또는 5 번 반복하는 것 등을 포함할 수 있다.

[0094] 일실시예에 따른 변환 행렬 추정 프로세스는 상술한 복수의 호모그래피 추정 방법에 대응하는 것으로, 후보 매칭 세트에서 아웃라이어 제거 알고리즘을 이용하여 제1 인라이어 매칭 세트를 추정하는 단계, 제1 인라이어 매칭 세트에 기초하여, 제1 변환 행렬을 추정하는 단계, 후보 매칭 세트에서 제1 인라이어 매칭 세트를 제거하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 아웃라이어 제거 알고리즘은 상술한 임계치 η=0.01인 MULTI-GS의 아웃라이어 제거 방법을 포함할 수 있다. 인라이어 매칭 세트는 상술한 $\{F^{m}_{inlier}\}^{M}_{m=1}$ 에 대응될 수 있고, 추정된 호모그래피는 상술한 H^{m}에 대응될 수 있다.

[0095] 일실시예에 따른 복수의 변환 행렬들 각각은 상기 기준 이미지에 포함된 서로 다른 영역을 변환하는 행렬로, 예를 들어 도 3b를 참조할 때, 제1 호모그래피는 흰색 건물이 포함된 영역을 변환하고, 도 3c를 참조할 때, 제2 호모그래피는 바닥 평면이 포함된 영역을 변환하며, 도 3 d를 참조할 때, 제3 호모그래피는 파란색 객체가 포함된 영역을 변환하는 행렬에 해당할 수 있다.

[0096] 일실시예에 따른 단계(520)는 특징점들 각각에 대한 워핑 잔차 벡터를 획득하는 단계에 해당할 수 있다. 여기서, 특징점에 대한 워핑 잔차 벡터는 상술한 수학식 9에 의해 정의된 특징점 x_k에 대한 워핑 잔차 벡터 $\bar{r}_k$에 대응될 수 있다. 보다 구체적으로, 특징점들 각각에 대하여, 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용하여, 대응되는 대상 이미지 내 특징점과의 워핑 잔차를 계산하는 단계 및 워핑 잔차들로 구성된 워핑 잔차 벡터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다. 다시 말해, 각각의 특징점 x_k에 대하여, 복수의 호모그래피 행렬들 각각을 적용한 $H^{m}x_k$와 특징점 x_k에 대응하는 대상 이미지 내의 특징점 y_k의 워핑 잔차 r^{m}_k를 계산하고, x_k에 M 개의 호모그래피 $\{H^{m}\}^{M}_{m=1}$를 적용하여 계산한 워핑 잔차로 구성된 워핑 잔차 벡터 $r_k=[r^{1}_k, r^{2}_k, \ldots, r^{m}_k]^{T}$를 획득할 수 있다.

[0097] 일실시예에 따른 단계(530)에서 기준 영역은 기준 이미지에 포함된 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 영역으로, 기준 이미지에 포함된 피사체 또는 객체 간의 경계에 기초하여 기준 이미지를 분할하여 생성된 적어도 하나의 픽셀을 포함하는 복수의 픽셀 영역에 해당할 수 있다. 일실시예에 따를 때, 기준 영역은 상술한 슈퍼 픽셀에 대응될 수 있다.

[0098] 일실시예에 따른 단계(530)는 복수의 특징점들 각각의 기준 영역에 대한 가중치를 계산하는 단계에 해당할 수 있다. 복수의 특징점들 중 기준 영역의 중심 픽셀과 가까운 특징점의 워핑 잔차 벡터를 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터로 획득하는 단계 및 기준 영역에 대한 워핑 잔차 벡터 및 특징점들에 대한 워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 기준 영역에 대한 가중치를 획득하는 단계를 포함할 수 있다. 기준 영역에 대한 가중치는 기준 영역에 대한 복수의 특징점들의 가중치들의 집합에 해당할 수 있다. 여기서, 기준 영역은 상술한 슈퍼 픽셀 S_i에 대응될 수 있고, 기준 영역에 대한 특징점의 가중치는 상술한 수학식 10에 의해 정의된 슈퍼 픽셀 S_i에 대하여 계산된 특징점 x_k에 대한 가중치 $w^{prop}_{i,k}$에 대응될 수 있으며, 기준 영역에 대한 가중치는 상술한 수학식 6에서 $w_{i,k}$(k=1, 2, ..., K)를 $w^{prop}_{i,k}$로 대체한 W^{prop}_i에 대응될 수 있다.

[0099] 일실시예에 따른 단계(540)에서 기준 영역에 대하여 획득된 추정 변환 행렬은 상술한 수학식 5에서 W_i를 W^{prop}_i로 대체하여 슈퍼 픽셀 S_i에 대하여 획득된 $\hat{H}_i$에 대응될 수 있다.

[0100] 일실시예에 따른 단계(550)는 추정 변환 행렬을 기준 영역에 적용하여 변환된 기준 영역과 대상 이미지 내 대응하는 영역과 합성하는 단계에 해당할 수 있다. 즉, 추정 변환 행렬에 따라 기준 이미지를 워핑하는 단계에 해당할 수 있다.

[0101] 일실시예에 따를 때, 합성된 이미지에는 구멍이 발생할 수 있어, 이를 보정하기 위해, 대상 이미지 내 대상 영역에 대한 제1 추정 역 변환 행렬을 획득하는 단계 및 제1 추정 역 변환 행렬을 대상 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 대상 영역은 상술한 슈퍼 픽셀 S^{J}_{j}-에 대

응될 수 있고, 대상 영역에 대한 제1 추정 역 변환 행렬은 상술한 슈퍼 픽셀 S^J_j 에 대한 $\hat{H}^{J\rightarrow I}_j$ 에 대응될 수 있다. 즉, 제1 추정 역 변환 행렬은 도 5의 방법을 기준 이미지와 대상 이미지를 바꾸어 실시하여 획득한 대상 이미지 내 대상 영역에 대한 추정 변환 행렬에 해당할 수 있다.

[0102] 일실시예에 따를 때, 제1 추정 역 변환 행렬을 대상 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계는 제1 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함할 수 있다. 즉, 제1 추정 역 변환 행렬을 대상 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계는 대상 이미지를 기준 이미지로 역 워핑하는 단계에 해당할 수 있다.

[0103] 일실시예에 따를 때, 제1 추정 역 변환 행렬을 대상 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 경우, 합성된 이미지의 일부 영역에서 폐색 현상이 발생할 수 있다. 폐색 현상을 제거하기 위해 일실시예에 따른 제1 추정 역 변환 행렬을 보정할 수 있다. 일실시예에 다를 때, 대상 영역에 포함된 픽셀들 및 제1 추정 역 변환 행렬에 기초하여, 대상 영역에 대한 워핑 손실을 계산하는 단계, 대상 영역의 중심 픽셀에 제1 추정 역 변환 행렬 및 추정 변환 행렬을 적용하여, 대상 픽셀에 대한 워핑 거리를 계산하는 단계, 워핑 손실 및 워핑 거리에 기초하여, 제1 추정 역 변환 행렬의 보정 여부를 판단하는 단계, 및 보정 여부에 대한 판단에 기초하여, 대상 이미지에 포함된 다른 영역들에 대한 추정 역 변환 행렬들 중 워핑 손실이 적은 제2 추정 역 변환 행렬로 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계를 포함할 수 있다. 여기서, 대상 영역에 대한 워핑 손실은 상술한 수학식 11에 따른 이미지 J 내의 슈퍼 픽셀 S^J_j에 대한 $L(S^J_j)$에 대응될 수 있고, 대상 픽셀에 대한 워핑 거리는 수학식 12에 따른 S^J_j의 중심 픽셀 c_j에 대한 양방향 워핑 거리 $d(c_j)$에 대응될 수 있다.

[0104] 일실시예에 따른 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계는 대상 영역에 기초하여, 대상 이미지에 포함된 영역들 중 미리 정해진 기준에 따라 후보 영역들을 선택하는 단계, 후보 영역들 각각에 대한 상기 워핑 손실을 계산하는 단계, 및 워핑 손실에 기초하여, 후보 영역들 중 어느 하나에 대한 제2 추정 역 변환 행렬로 제1 추정 역 변환 행렬을 보정하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상술한 바와 같이 S^J_j에 대한 추정된 호모그래피 $\hat{H}^{J\rightarrow I}_j$를 S^J_j에 가장 가까운 100개의 슈퍼 픽셀들 중 수학식 11에 따른 워핑 손실이 최소인 이웃하는 슈퍼 픽셀의 호모그래피로 보정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0105] 일실시예에 따를 때, 제1 추정 역 변환 행렬이 보정된 제2 추정 역 변환 행렬을 대상 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성할 수 있다. 즉, 일실시예에 따른 이미지를 합성하는 단계는 제2 추정 역 변환 행렬이 적용된 대상 영역에 대응하는 기준 이미지 내의 픽셀들에 기초하여, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0107] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0108] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로,

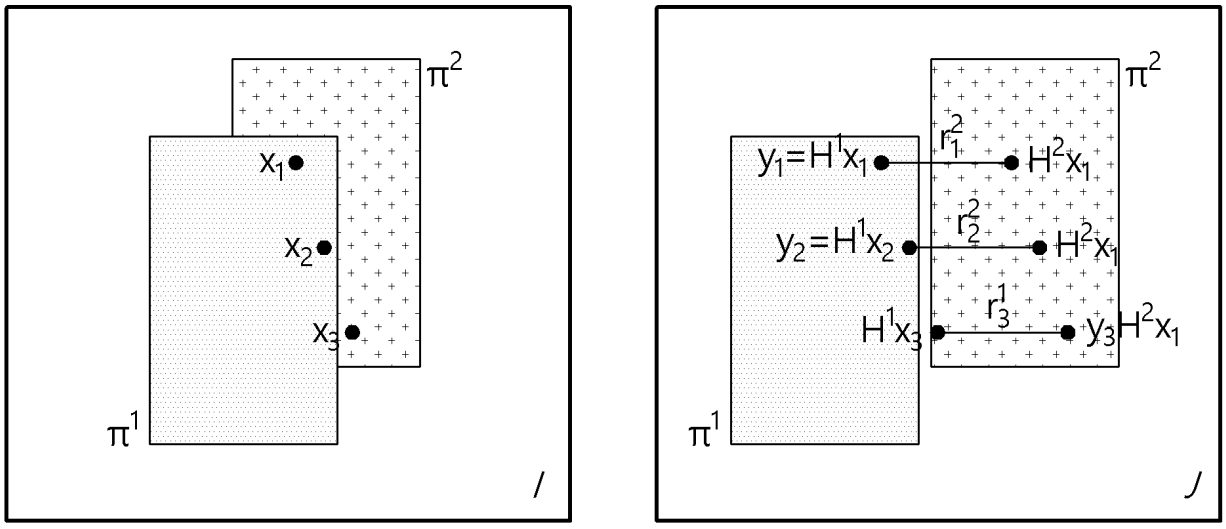
또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0109] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0110] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

도면1



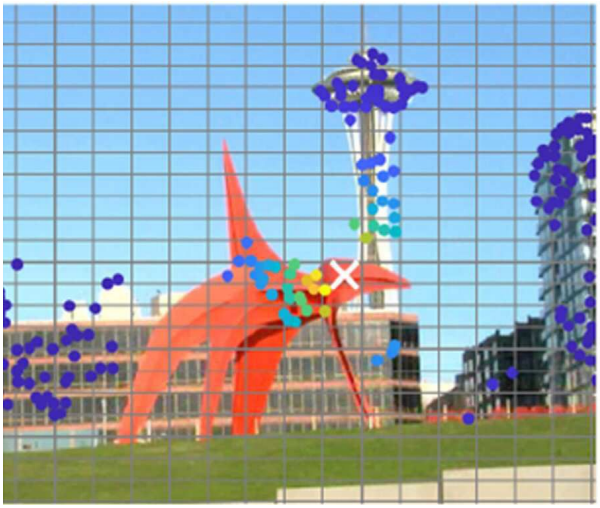
도면2a



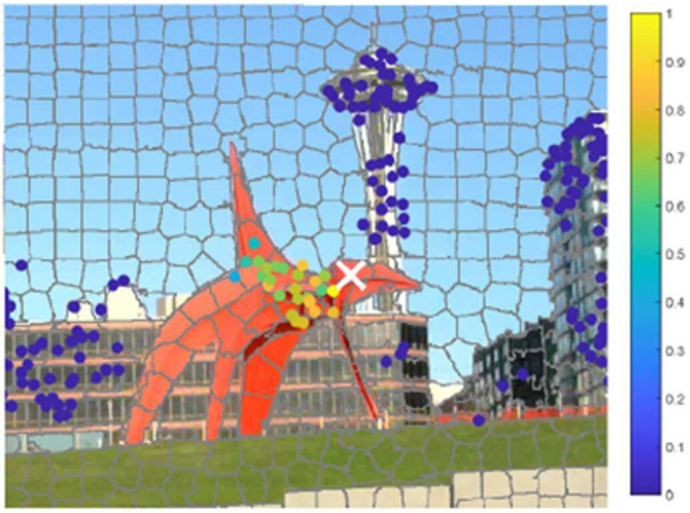
도면2b



도면2c



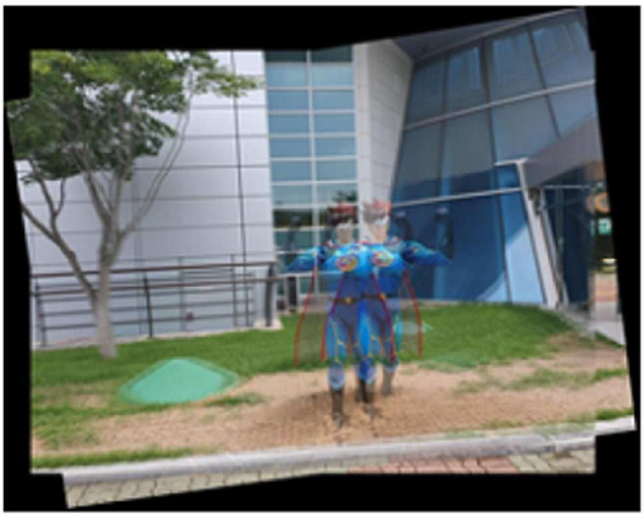
도면2d



도면3a



도면3b



도면3c



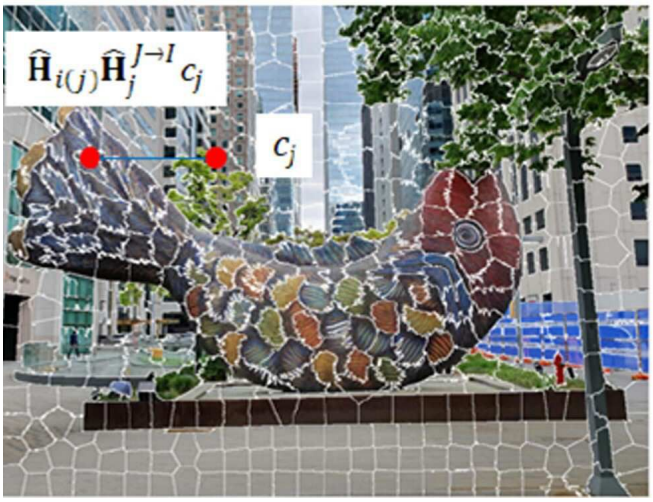
도면3d



도면4a



도면4b



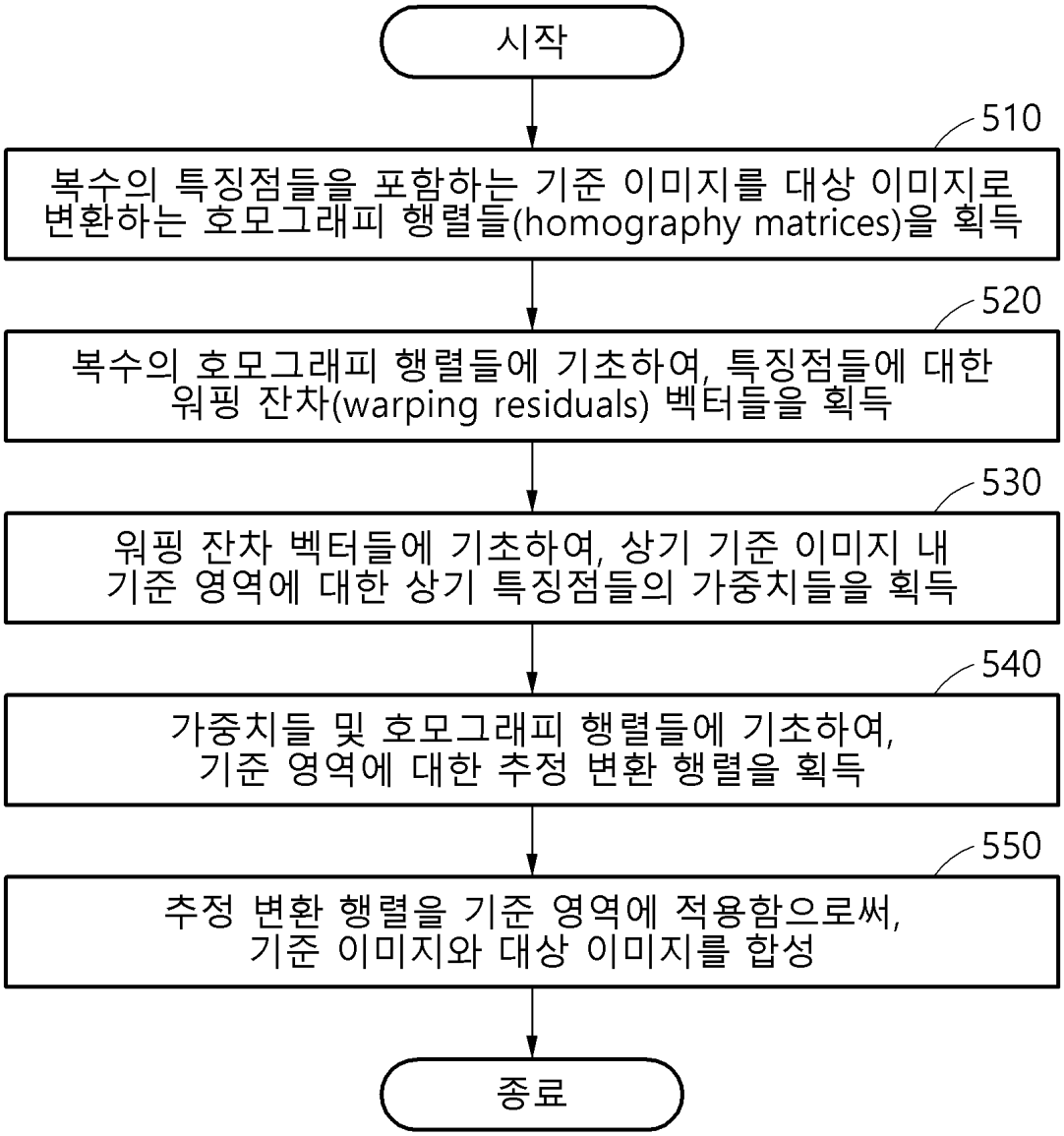
도면4c



도면4d



도면5


시작
510
복수의 특징점들을 포함하는 기준 이미지를 대상 이미지로 변환하는 호모그래피 행렬들(homography matrices)을 획득
520
복수의 호모그래피 행렬들에 기초하여, 특징점들에 대한 워핑 잔차(warping residuals) 벡터들을 획득
530
워핑 잔차 벡터들에 기초하여, 상기 기준 이미지 내 기준 영역에 대한 상기 특징점들의 가중치들을 획득
540
가중치들 및 호모그래피 행렬들에 기초하여, 기준 영역에 대한 추정 변환 행렬을 획득
550
추정 변환 행렬을 기준 영역에 적용함으로써, 기준 이미지와 대상 이미지를 합성
종료