(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월07일
(11) 등록번호 10-2262397
(24) 등록일자 2021년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/30 (2017.01) *G06T 17/05* (2011.01)
G06T 5/00 (2019.01) *G06T 5/40* (2006.01)
G06T 7/11 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/30 (2017.01)
G06T 17/05 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0168505
(22) 출원일자 2019년12월17일
심사청구일자 2019년12월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR101404640 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이호
서울특별시 강남구 언주로 211(도곡동)
이익재
서울특별시 강남구 언주로 211(도곡동)
(74) 대리인
특허법인우인

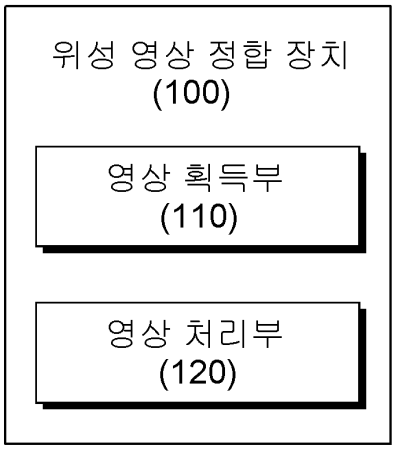
전체 청구항 수 : 총 17 항 심사관 : 경연정

(54) 발명의 명칭 **다중 시기에 획득된 위성 SAR 영상 간의 정합 자동화 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 실시예들은 필터링한 부유 위성 영상에서 특징점을 추출하고, 특징점으로부터 생성한 거리 지도에서 쉘 볼륨을 생성하고, 쉘 볼륨에 어파인 변환 모델을 적용하고, 정규화된 상호 정보를 이용한 유사도 평가 및 파웰 방향 기법에 의해 변환 파라미터를 최적화함으로써, 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 신속하고 정확하게 정합할 수 있는 위성 영상 정합 장치 및 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06T 5/001 (2013.01)
G06T 5/40 (2013.01)
G06T 7/11 (2017.01)
G06T 2207/10032 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020140100054 A
US20130077891 A1
KR101982755 B1
KR101804522 B1

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019R1I1A1A01062157
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	학문균형발전지원사업
연구과제명	딥 콘빔형 전산화 단층촬영 영상 생성을 위한 핵심 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

위성 영상 정합 장치에 의한 위성 영상 정합 방법에 있어서,

기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득하는 단계;

상기 부유 위성 영상을 필터링하는 단계;

상기 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 상기 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출하는 단계;

상기 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 상기 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출하는 단계; 및

상기 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 상기 기준 위성 영상과 상기 부유 위성 영상을 정합하는 단계

를 포함하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 필터링하는 단계는,

노이즈를 갖는 픽셀은 전역 변형이 높은 것을 고려하여 에지를 보존하면서 노이즈를 제거하는 전역 변형 저감화(Total Variation Denoising) 기법을 적용하며, 상기 전역 변형은 2차원의 위치에서 인접 픽셀 간의 경사의 절대값으로 표현되는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전역 변형 저감화 기법은 가중치를 포함하는 목적 함수로 정의되고 비국부(Non-Local) 가중치를 적용하며, 상기 비국부 가중치는 (i) 패치를 갖는 커널 함수와 (ii) 영상 배경의 표준편차의 소정의 배수로 설정된 필터링 파라미터를 포함하는 관계로 표현되는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 비국부 가중치는 단위 분산에 따라 기 설정된 크기를 갖는 검색 영역 내에서 상기 검색 영역의 크기보다 작게 설정된 크기를 갖는 패치 간의 유사도를 이용하여 설정되는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 특징점을 추출하는 단계는,

상기 전역 변형 저감화 기법이 적용된 목적 함수에 적응적 경사 하강(Steepest Gradient Descent) 기법을 적용하며, 상기 전역 변형 저감화 기법이 적용된 목적 함수를 최소화하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 쉘 볼륨을 추출하는 단계는,

전파 경로에 있는 인접 픽셀로 거리를 전파하여 계산된 값을 사용하는 챔퍼 거리 변환을 적용하여 상기 거리 지도를 생성하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 정합하는 단계는,

평행 이동, 회전, 크기 변환, 전단 변환, 또는 이들의 조합에 관한 변환 파라미터로 정의된 어파인 변환 모델을 적용하며, 상기 쉘 볼륨과 상기 기준 위성 영상의 대응 영역의 유사도를 평가하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 정합하는 단계는,

상기 대응 영역에서 조인트 히스토그램을 생성하고 정규화된 상호 정보(Normalized Mutual Information, NMI)를 계산하여 최적 위치를 탐색하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 정합하는 단계는,

상기 변환 파라미터에서 현재 탐색 순서에 해당하는 현재 변환 파라미터를 변경하고 나머지 변환 파라미터를 고정하여 위치를 탐색하는 파웰 방향 기법을 적용하며, 최소 3개의 점을 기준으로 파라볼릭 보간(Parabolic Interpolation)을 통해 상기 변환 파라미터를 최적화하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 정합하는 단계는,

상기 변환 파라미터에 따라 상기 부유 위성 영상을 리샘플링하고, 상기 리샘플링한 부유 위성 영상을 상기 기준 위성 영상에 정합하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 방법.

청구항 11

기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득하는 영상 획득부; 및

상기 부유 위성 영상을 필터링하고, 상기 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 상기 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출하고, 상기 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 상기 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출하고, 상기 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 상기 기준 위성 영상과 상기 부유 위성 영상을 정합하는 영상 처리부

를 포함하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

노이즈를 갖는 픽셀은 전역 변형이 높은 것을 고려하여 에지를 보존하면서 노이즈를 제거하는 전역 변형 저감화(Total Variation Denoising) 기법을 적용하여 필터링을 수행하며, 상기 전역 변형은 2차원의 위치에서 인접 픽셀 간의 경사의 절대값으로 표현되는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

상기 전역 변형 저감화 기법이 적용된 목적 함수에 적응적 경사 하강(Steepest Gradient Descent) 기법을 적용하며, 상기 전역 변형 저감화 기법이 적용된 목적 함수를 최소화하여 특징점을 추출하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

전파 경로에 있는 인접 픽셀로 거리를 전파하여 계산된 값을 사용하는 챔퍼 거리 변환을 적용하여 상기 거리 지도를 생성하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

평행 이동, 회전, 크기 변환, 전단 변환, 또는 이들의 조합에 관한 변환 파라미터로 정의된 어파인 변환 모델을 적용하며, 상기 쉘 볼륨과 상기 기준 위성 영상의 대응 영역의 유사도를 평가하여 정합하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

상기 변환 파라미터에서 현재 탐색 순서에 해당하는 현재 변환 파라미터를 변경하고 나머지 변환 파라미터를 고정하여 위치를 탐색하는 파웰 방향 기법을 적용하며, 최소 3개의 점을 기준으로 파라볼릭 보간(Parabolic Interpolation)을 통해 상기 변환 파라미터를 최적화하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 영상 처리부는,

상기 변환 파라미터에 따라 상기 부유 위성 영상을 리샘플링하고, 상기 리샘플링한 부유 위성 영상을 상기 기준 위성 영상에 정합하는 것을 특징으로 하는 위성 영상 정합 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 위성 SAR 영상 정합 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 합성 개구 레이다(Synthetic Aperture Radar, SAR)는 공중에서 지상 및 해양을 관찰하는 레이다이다. 합성 개구 레이다는 지상 및 해양에 대해 공중에서 전파를 순차적으로 쏜 이후 전파가 굴곡면에 반사되어 돌아오는 미세한 시간차를 처리하여 지상 지형도를 만들거나 지표를 관측한다.

[0004] 고해상도 SAR 영상에는 중저해상도 SAR 영상과는 다르게 영상 내에 존재하는 다양한 높이와 높이 변화를 가지는 수 많은 개체들이 존재하며, 지역적인 왜곡(Local Distortion)이나 기복 변이(Relief Displacement)를 발생시킨다.

[0005] 지역적 왜곡은 영상 내에 존재하는 개체의 특성과 분포에 따라 크기나 방향이 다르게 발생하고, 이를 제거하기 위한 접근법이 요구된다. 지역적 왜곡에서도 견고한 영상 정합이 가능한 유사도 평가 방법이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1804522호 (2017.11.28)

(특허문헌 0002) 한국등록특허공보 제10-1524529호 (2015.05.26)

(특허문헌 0003) 한국등록특허공보 제10-1126224호 (2012.03.06)

(특허문헌 0004) 한국등록특허공보 제10-1473428호 (2014.12.10)

(특허문헌 0005) 한국공개특허공보 제10-2012-0009186호 (2012.02.01)

(특허문헌 0006) 한국공개특허공보 제10-2011-0138114호 (2011.12.26)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 실시예들은 특징 기반 정합과 인텐시티 기반 정합을 종합적으로 적용하여 특징 기반 정합과 같은 빠른 수행시간을 보이면서 인텐시티 기반 정합의 정교한 SAR 영상 정합을 수행하는데 발명의 주된 목적이 있다.

[0008] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 위성 영상 정합 장치에 의한 위성 영상 정합 방법에 있어서, 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득하는 단계, 상기 부유 위성 영상을 필터링하는 단계, 상기 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 상기 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출하는 단계, 상기 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 상기 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출하는 단계, 및 상기 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 상기 기준 위성 영상과 상기 부유 위성 영상을 정합하는 단계를 포함하는 위성 영상 정합 방법을 제공한다.

[0010] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득하는 영상 획득부, 및 상기 부유 위성 영상을 필터링하고, 상기 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 상기 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출하고, 상기 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 상기 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출하고, 상기 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 상기 기준 위성 영상과 상기 부유 위성 영상을 정합하는 영상 처리부를 포함하는 위성 영상 정합 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0011] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 쉘 볼륨을 이용한 고정밀 자동 SAR 영상 정합 방법은 특징 기반 정합과 같은 빠른 수행시간을 보이면서 인텐시티 기반 정합의 정교한 매칭이 가능하므로 사용자에게 편리성을 제공한다. 우수한 고해상도 SAR 영상 정합 결과는 지형 고도 정보 생성, 변화 및 변위 탐지, 이동 표적 탐지 기술의 최종 결과 품질을 향상시키며, 군사, 수자원 관리, 홍수 재해 지도 제작, 가뭄, 토지 분류, 농작물 현황 등의 다양한 분야에서 고품질의 SAR 영상을 활용할 수 있다.

[0012] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 위성 영상 정합 장치를 예시한 블록도이다.

도 2은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법을 예시한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 특징점을 추출하는 동작을 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 전역 변형 저감화 기법에 적용한 적응적 경사 하강 기법을 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 쉘 볼륨을 생성하는 동작과 어파인 변환 모델을 예시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 쉘 볼륨에 대해 정규화된 상호 정보를 이용하여 유사도를 평가하는 동작을 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 변환 파라미터를 최적화하여 위치를 탐색하는 파웰 방향 기법을 예시한 도면이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 영상을 리샘플링하는 동작을 예시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.

[0015] SAR 위성은 거리에 무관하게 일정한 해상도를 가지고, 능동형 소자를 이용하여 영상을 형성하므로 밤과 낮에 구애받지 않으며 전파의 투과 특성으로 인하여 구름이 존재하는 상황에서도 영상을 형성해 기존의 광학 센서에서 얻을 수 없는 다양한 정보를 제공한다.

[0016] SAR 영상은 위상 획득의 기하(Geometry)로 인하여 영상에 왜곡 현상이 나타난다. 고해상도 영상에는 중저해상도 영상과는 다르게 영상 내에 존재하는 다양한 높이와 높이 변화를 가지는 수 많은 개체들이 존재한다.

[0017] 영상 내에 존재하는 개체의 특성과 분포에 따라 지역적 왜곡의 크기나 방향이 다르게 발생한다. 레이오버(Layover)는 수직의 건물 외곽 벽과 같은 가파른 고도 차이를 가지는 부분에서 발생하고 이는 센서 방향으로 센서와 지표 객체 사이에 동일한 거리를 가지지만 다른 위치에 존재하는 객체가 존재한다. 지붕, 건물 벽, 건물 면의 지표 등과 관련된다. 입사각에 따라 면이 짧게 보이는 전방 압축(foreshortening)이 발생할 수도 있고, 건물과 지표에서는 더블 바운스(Double-Bounce)로 인하여 방위(Azimuth) 방향으로 밝은 값을 가지는 선이 생길 수 있다. 건물의 반대편 지표에서는 신호가 돌아오지 않아 영상이 어둡게 나타나는 음영(Shadow) 지역이 존재할 수 있다.

[0018] SAR 위성은 이전 궤도를 순환하며 촬영된 영상이 포괄하는 지역과 궤도를 다시 한번 순환한 다음 동일위치에서 촬영된 영상이 포괄하는 지역간 차이가 존재하고, 동일 지역일지라도 촬영된 일시나 진로 방향에 따라 전혀 다른 양상의 영상을 획득한다.

[0019] 왜곡을 제거하기 위한 영상 정합 기법은 크게 특징 기반 정합과 인센시티 기반 정합으로 구분된다.

[0020] 특징 기반 정합은 두 영상에서 각각 특징 영역을 분할하고 이의 경계를 가지고 유사도 평가를 수행하기 때문에 정합 시간이 빠른 대신에 특징 영역이 얼마나 정확하게 분할되었는지가 정합 결과에 큰 영향을 준다.

[0021] 인센시티 기반 정합은 전체 영역을 선처리(preprocessing) 과정없이 두 영상의 화소 간 밝기값의 상관도를 측정하여 상대적으로 정확도가 높은 대신에 모든 픽셀을 가지고 유사도 평가하므로 수행 시간이 오래 걸린다.

[0022] 본 실시예에 따른 위성 영상 정합 장치 및 방법은 특징 기반 영상 정합과 인센시티 기반 영상 정합을 결합하여 특징 기반 정합과 같은 빠른 수행 시간을 보이면서 인센시티 기반 정합의 정교한 영상 정합이 가능하다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 위성 영상 정합 장치를 예시한 블록도이다.

[0024] 도 1에 도시한 바와 같이, 위성 영상 정합 장치(100)은 영상 획득부(110) 및 영상 처리부(120)를 포함한다. 위성 영상 정합 장치(100)은 도 1에서 예시적으로 도시한 다양한 구성요소들 중에서 일부 구성요소를 생략하거나 다른 구성요소를 추가로 포함할 수 있다.

[0025] 위성 영상 정합 장치(100)는 적어도 하나의 프로세서, 컴퓨터 판독 가능한 저장매체 및 통신 버스를 포함한다.

[0026] 프로세서는 위성 영상 정합 장치(100)를 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서에 의해 실행되는 경우 위성 영상 정합 장치로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0027] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체에 저장된 프로그램은 프로세서에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독한 가능 저장 매체는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 위성 영상 정합 장치에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.

[0028] 통신 버스는 프로세서, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체를 포함하여 위성 영상 정합 장치의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.

[0029] 위성 영상 정합 장치(100)는 또한 하나 이상의 입출력 장치를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스 및 하나 이상의 통신 인터페이스를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스 및 통신 인터페이스는 통신 버스에 연결된다. 입출력 장치는 입출력 인터페이스를 통해 위성 영상 정합 장치(100)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.

[0030] 영상 획득부(110)는 영상을 촬영하는 센서이며, 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득한다.

[0031] 영상 처리부(120)는 프로세서로 구현될 수 있다. 영상 처리부(120)는 부유 위성 영상을 필터링하고, 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출하고, 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출하고, 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 정합한다.

[0032] 도 2은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법을 예시한 흐름도이다. 위성 영상 정합 방법은 위성 영상 정합 장치에 의하여 수행될 수 있다.

[0033] 단계 S210에서 위성 영상 정합 장치는 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득한다.

[0034] 단계 S220에서 위성 영상 정합 장치는 부유 위성 영상을 필터링한다.

[0035] 단계 S230에서 위성 영상 정합 장치는 필터링한 부유 위성 영상에서 특징 영역으로 분할하고 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출한다.

[0036] 단계 S240에서 위성 영상 정합 장치는 복수의 특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출한다.

[0037] 단계 S250에서 위성 영상 정합 장치는 쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 정합한다.

[0038] SAR 영상 특성상 마이크로파와 관측대상과의 복잡한 상호작용으로 인해 영상에 많은 스페클 노이즈(Speckle Noise)가 포함되어 있어 경계 보존 필터링, 잡음 저감화 필터링 등의 화질 향상 필터링 기법을 적용한다.

[0039] 부유 위성 영상을 필터링하는 단계(S220)에서 영상 처리부는 노이즈를 갖는 픽셀은 전역 변형이 높은 것을 고려하여 에지를 보존하면서 노이즈를 제거하는 전역 변형 저감화(Total Variation Denoising) 기법을 적용하여 필터링을 수행한다. 전역 변형은 2차원의 위치에서 인접 픽셀 간의 놈(Norm)으로 표현된다. 놈은 2차원 벡터의 크기로서 경사의 절대값으로 볼 수 있다.

[0040] 영상 처리부는 가중치를 포함하는 목적 함수로 정의된 전역 변형 저감화 기법에 비국부(Non-Local) 가중치를 적용할 수 있다. 비국부 가중치는 (i) 패치를 갖는 커널 함수와 (ii) 영상 배경의 표준편차의 소정의 배수로 설정된 필터링 파라미터를 포함하는 관계로 표현될 수 있다. 커널 함수는 원점을 중심으로 대칭이면서 적분값이 1인 non-negative 함수이다. 영상 처리부는 커널 함수로 가우시안 커널 함수를 사용할 수 있다.

[0041] 비국부 가중치는 단위 분산에 따라 기 설정된 크기를 갖는 검색 영역 내에서 검색 영역의 크기보다 작게 설정된 크기를 갖는 패치 간의 유사도를 이용하여 설정된다. 비국부 영역, 패치의 인덱스, 패치의 크기, 가우시간 커널, 검색 영역은 요구되는 설계 사항에 따라 적합한 수치로 설정될 수 있다. 필터링 파라미터는 영상 배경의

표준편차의 2-3배로 설정될 수 있다.

[0042] 필터링을 거친 부유영상에서 이상치(Outlier)를 제외한 특징 영역으로 분할하고, 분할된 특징 영역에 경계 검출 알고리듬 또는 중심선 추출 알고리즘을 이용해 특징점을 추출한다.

[0043] 도 3은 위성 영상 정합 방법이 특징점을 추출하는 동작을 예시한 도면이고, 도 4는 위성 영상 정합 방법이 전역 변형 저감화 기법에 적용한 적응적 경사 하강 기법을 예시한 도면이다.

[0044] 특징점을 추출하는 단계(S230)에서, 영상 처리부는 전역 변형 저감화 기법이 적용된 가중치를 포함하는 목적 함수에 적응적 경사 하강(Steepest Gradient Descent) 기법을 적용한다. 전역 변형 저감화 기법이 적용된 목적 함수를 최소화하고, 두드러진 경계들을 유지하면서 잡음 픽셀들이 부드러워지는 최적의 경사 하강 기법의 반복 회수를 파인 튜닝(Fine Tuning)을 통하여 특징점을 결정할 수 있다. 파인 튜닝을 통하여 이미 존재하는 모델에 추가 데이터를 입력하여 파라미터를 갱신한다. 전역 변형(Total Variation)에 관한 정규 함수를 최소화한다.

수학식 1

[0045]
$$R(P)=\sum_{x}\sum_{y}\sqrt{(P_{(x,y)}-P_{(x-1,y)})^2+(P_{(x,y)}-P_{(x,y-1)})^2}$$

[0046] $P_{(x,y)}$는 2차원의 위치에서 픽셀을 의미한다.

수학식 2

[0047]
$$P_j^{t+1}=P_j^t-\lambda\frac{\nabla R(P_j)}{|\nabla R(P)|}$$

[0048] λ는 반복 단계가 진행됨에 따라 부드러움 정도가 감소될 수 있도록 제어하는 적응 파라미터이다. 각 경사 하강 단계에서 갱신된 값이 반복 회수가 증가함에 따라 보다 작은 값으로 지정되도록 제어한다. t는 반복 회수를 의미한다.

[0049] $\nabla R(P_j)$는 각 경사 하강 단계에서 계산되는 목적 함수의 영상의 j번째 색인된 위치에서의 경사를 의미하고 모든 위치에서 계산된 경사의 제곱근의 합 $|\nabla R(P_j)|$는 정규화된 경사 계산을 위해 요구된다.

[0050] 급격한 변화로 인하여 발생할 수 있는 국부 최소화를 피하기 위하여 스케일링 파라미터를 적용할 수 있다.

[0051] 위성 영상 정합 방법은 추출된 특징점을 가지고 챔퍼(Chamfer) 거리 지도를 적용해 거리 지도를 생성한다. 생성된 거리 지도에서 일정 거리 내에 있는 픽셀들을 쉘 볼륨으로 추출하고 영상 정합을 시도한다.

[0052] 도 5는 위성 영상 정합 방법이 쉘 볼륨을 생성하는 동작과 어파인 변환 모델을 예시한 도면이고, 도 6은 위성 영상 정합 방법이 쉘 볼륨에 대해 정규화된 상호 정보를 이용하여 유사도를 평가하는 동작을 예시한 도면이고, 도 7은 위성 영상 정합 방법이 변환 파라미터를 최적화하여 위치를 탐색하는 파웰 방향 기법을 예시한 도면이다.

[0053] 쉘 볼륨을 추출하는 단계(S240)에서 영상 처리부는 전파 경로에 있는 인접 픽셀로 거리를 전파하여 계산된 값을 사용하는 챔퍼 거리 변환(Chamfer Distance Transform)을 적용하여 거리 지도를 생성한다. 챔퍼 거리 변환은 유클리드 거리 변환의 근사치로 볼 수 있다.

[0054] 영상 정합하는 단계(S250)에서 영상 처리부는 평행 이동, 회전, 크기 변환, 전단 변환, 또는 이들의 조합에 관한 변환 파라미터로 정의된 어파인(Affine) 변환 모델을 적용하며, 쉘 볼륨과 상기 기준 위성 영상의 대응 영역의 유사도를 평가한다.

[0055] 영상 정합은 두 영상 간의 대응 관계를 정의하는 변환 파라미터를 찾는 것이다. 하나의 영상을 고정된 기준 영

상으로 하고 기준 영상으로 변환되는 영상을 부유 영상으로 정의할 때, 변환이 평행 이동(Translation)과 회전(Rotation)으로만 정의되면 강체 변환(Rigid Transformation)이라 하고, 강체 변환에 전단(Shear) 변환이 추가되면 어파인(affine) 변환이라 한다. 하나의 선형 변환 매트릭스로 표현 가능하다. 고해상도 SAR 영상 데이터는 강체 변환의 경우 x, y축 각각에 대한 평행 이동과 회전에 대한 변환 매트릭스가 필요하므로 3개의 자유도(degree of freedom)를 갖고, 여기에 축소 확대(Scaling), 쉬어 요소가 추가되어 6개의 자유도를 갖는다.

[0056] 영상 정합하는 단계(S250)에서 영상 처리부는 대응 영역에서 조인트 히스토그램을 생성하고 정규화된 상호 정보(Normalized Mutual Information, NMI)를 계산하여 최적 위치를 탐색한다.

[0057] 부유 영상에서 추출된 특징점에 대한 셀 볼륨을 기준 영상으로 변환하면서 유사도 평가를 위해 정규화된 상호정보량(normalized mutual information, NMI) 척도 함수를 사용한다. SAR 영상은 촬영된 일시나 진로 방향에 따라 전혀 다른 양상의 영상이 취득될 수 있으므로 대응하는 픽셀 간의 밝기값의 선형적인 관계가 아닌 엔트로피 개념을 이용하는 NMI 유사도 척도 함수를 고려한다.

[0058] 두 영상에서 엔트로피 및 NMI를 계산하기 위해 필요한 확률 분포는 조인트 히스토그램(Joint Histogram)을 이용한다. 조인트 히스토그램은 두 영상에서 동일한 위치에 대응하는 픽셀의 밝기값 쌍의 개수를 누적한 결과이다.

[0059] 조인트 히스토그램의 각 축의 최대값은 256이 되도록 빈(Bin) 크기를 조정하고, 빈 크기에 따라 각 영상의 밝기값을 스케일링해 조인트 히스토그램을 생성한다.

[0060] NMI는 매 변환시 조인트 히스토그램을 생성하여 엔트로피를 계산하기 때문에 추가적인 연산 시간이 소요된다. 본 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법은 영상 내 모든 픽셀을 사용하지 않고 특징점 영역 인접한 셀 볼륨만을 가지고 NMI를 수행하므로 빠르고 견고한 정합 결과를 제공할 수 있다.

[0061] 변형된 좌표값 중에 NMI 최대가 되는 좌표가 정합이 최적화된 위치이다.

수학식 3

[0062]
$$Y(A_s, B_o) = \frac{H(A_s) + H(B_o)}{H(A_s, B_o)}$$

[0063] $H(A_s)$, $H(B_o)$는 두 영상 각각의 엔트로피이고, $H(A_s, B_o)$는 두 영상의 조인트 엔트로피이다.

수학식 4

[0064]
$$H(\mathrm{A}) = -\sum_{a} p_{\mathrm{A}}(\mathrm{a}) \log_{p_{\mathrm{A}}}(\mathrm{a})$$

$$H(\mathrm{B}) = -\sum_{b} p_{\mathrm{B}}(\mathrm{b}) \log_{p_{\mathrm{B}}}(\mathrm{b})$$

$$H(\mathrm{A}, \mathrm{B}) = -\sum_{a,b} p_{\mathrm{A,B}}(\mathrm{a}, \mathrm{b}) \log_{p_{\mathrm{A,B}}}(\mathrm{a}, \mathrm{b})$$

[0065] 엔트로피는 특징 영역의 확률 분포에서의 불확실성을 나타내며, p_A, p_B는 두 영상의 픽셀의 확률 분포이다. $p_{A,B}$는 조인트 확률 분포이다.

수학식 5

$$p_{A,B}(a,b) = \frac{h(a,b)}{\sum_{a,b} h(a,b)}$$

$$p_A(a) = \sum_b p_{A,B}(a,b)$$

$$p_B(b) = \sum_a p_{A,B}(a,b)$$

[0066]

[0067] 조인트 확률 분포는 조인트 히스토그램을 생성하여 계산한다.

[0068] 영상 정합하는 단계(S250)에서 영상 처리부는 변환 파라미터에서 현재 탐색 순서에 해당하는 현재 변환 파라미터를 변경하고 나머지 변환 파라미터를 고정하여 위치를 탐색하는 파웰 방향 기법을 적용하며, 최소 3개의 점을 기준으로 파라볼릭 보간(Parabolic Interpolation)을 통해 변환 파라미터를 최적화한다.

[0069] 영상 처리부는 선택된 쉘 볼륨을 가지고 기준 영상에서 가장 잘 대응되는 영역을 결정한다. 이 때 사용되는 측정법은 상호정보량 기법이고 사용되는 최적화 기법은 파웰 방향 기법이다. 부유 영상에서 추출한 쉘이 다 초기 파라미터를 가지고 기준 영상으로 변환된다. 중첩된 쉘 볼륨을 이용하여 조인트 히스토그램을 생성한 후 상호정보량을 계산한다. 파웰 기법을 통하여 변환 파라미터를 갱신하고, 이러한 과정들을 반복한다. 정렬이 되지 않은 상태에서는 조인트 히스토그램이 전체적으로 분산되어 있는 것처럼 보이고 가장 유사한 위치에 도달하게 되면 조인트 히스토그램이 보다 샤프하게 나타난다.

[0070] 파웰 방향 기법은 변환 벡터들을 일정한 순서를 가지고 탐색을 시도하고 현재 탐색순서인 변환 파라미터만 변경하고 나머지 변환 파라미터는 고정한 채 최소인 위치를 탐색하는 방법입니다.

수학식 6

$$x = b - \frac{1}{2}\frac{(b-a)^2[f(b)-f(c)] - (b-c)^2[f(b)-f(a)]}{(b-a)[f(b)-f(c)] - (b-c)[f(b)-f(a)]}$$

[0071]

[0072] x 위치에서의 유사도가 세 점 a, b, c에서 계산한 유사도보다 작으면 이 중 최대값을 가지는 점 대신 x위치가 포함되면서 b위치가 최소인 새로운 a, b, c로 갱신하여 탐색 공간을 조밀하게 탐색한다. 이런 과정을 반복하여 a와 c의 간격이 일정 간격 이하만큼 작아지면 현재 탐색 순서에서 최소값인 b인 위치를 현재 탐색 순서의 변환 벡터에 갱신하고 다음 탐색 순서의 변환 벡터도 같은 방법으로 최소인 위치를 탐색한다.

[0073] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 위성 영상 정합 방법이 영상을 리샘플링하는 동작을 예시한 도면이다.

[0074] 영상 정합하는 단계(S250)에서 영상 처리부는 변환 파라미터에 따라 부유 위성 영상을 리샘플링하고, 상기 리샘플링한 부유 위성 영상을 기준 위성 영상에 정합한다. 영상 처리부는 공간 이동, 변환, 보간 등의 다양한 블랜딩(Blending) 효과를 적용하여 리샘플링을 수행할 수 있다.

[0075] 위성 영상 정합 장치에 포함된 구성요소들이 도 1에서는 분리되어 도시되어 있으나, 복수의 구성요소들은 상호 결합되어 적어도 하나의 모듈로 구현될 수 있다. 구성요소들은 장치 내부의 소프트웨어적인 모듈 또는 하드웨어적인 모듈을 연결하는 통신 경로에 연결되어 상호 간에 유기적으로 동작한다. 이러한 구성요소들은 하나 이상의 통신 버스 또는 신호선을 이용하여 통신한다.

[0076] 위성 영상 정합 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로

그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.

[0077] 위성 영상 정합 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 구현될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모뎀 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.

[0078] 도 2에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 2에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.

[0079] 본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

[0080] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

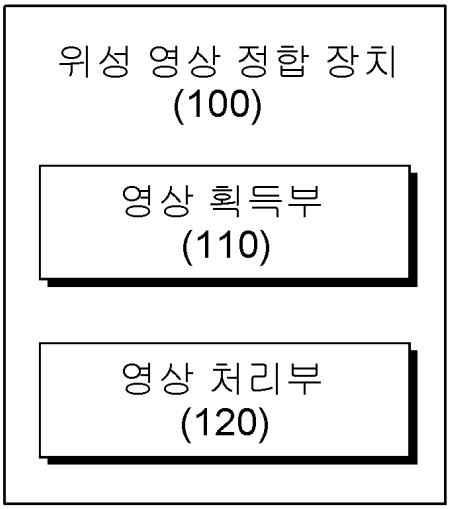
[0081] 100: 위성 영상 정합 장치

110: 영상 획득부

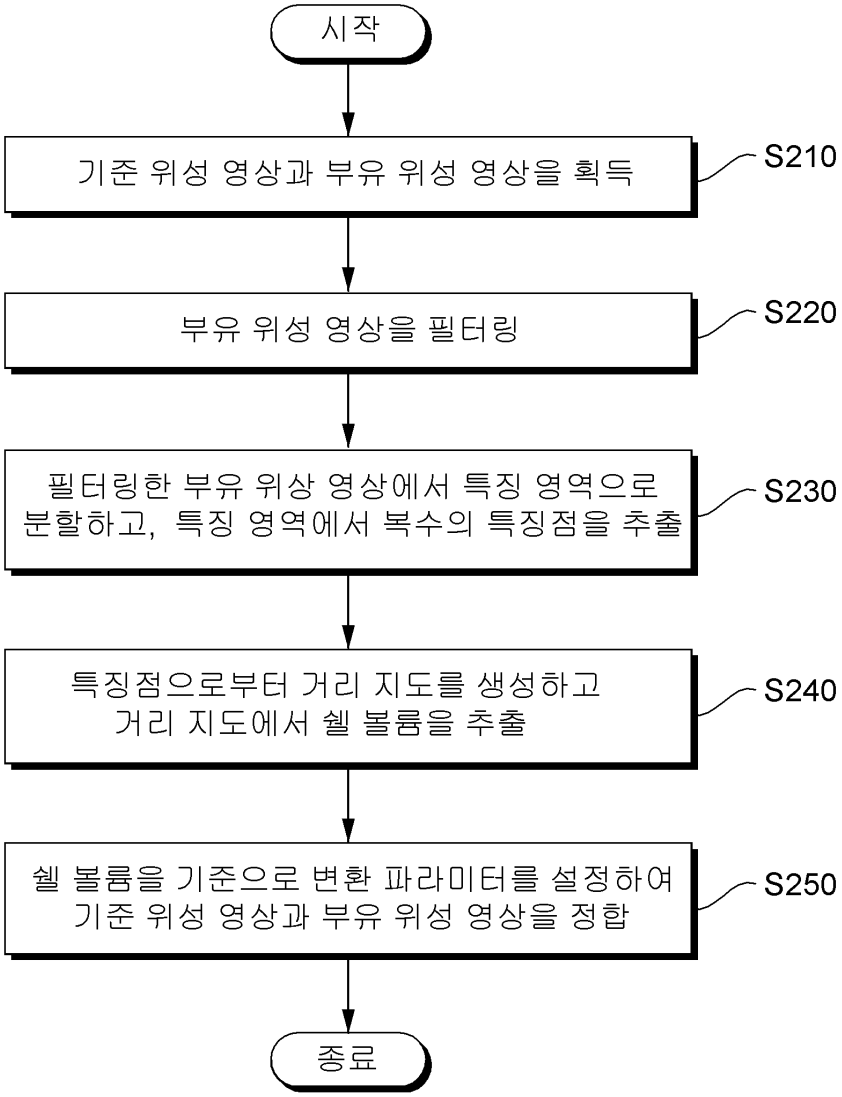
120: 영상 처리부

도면

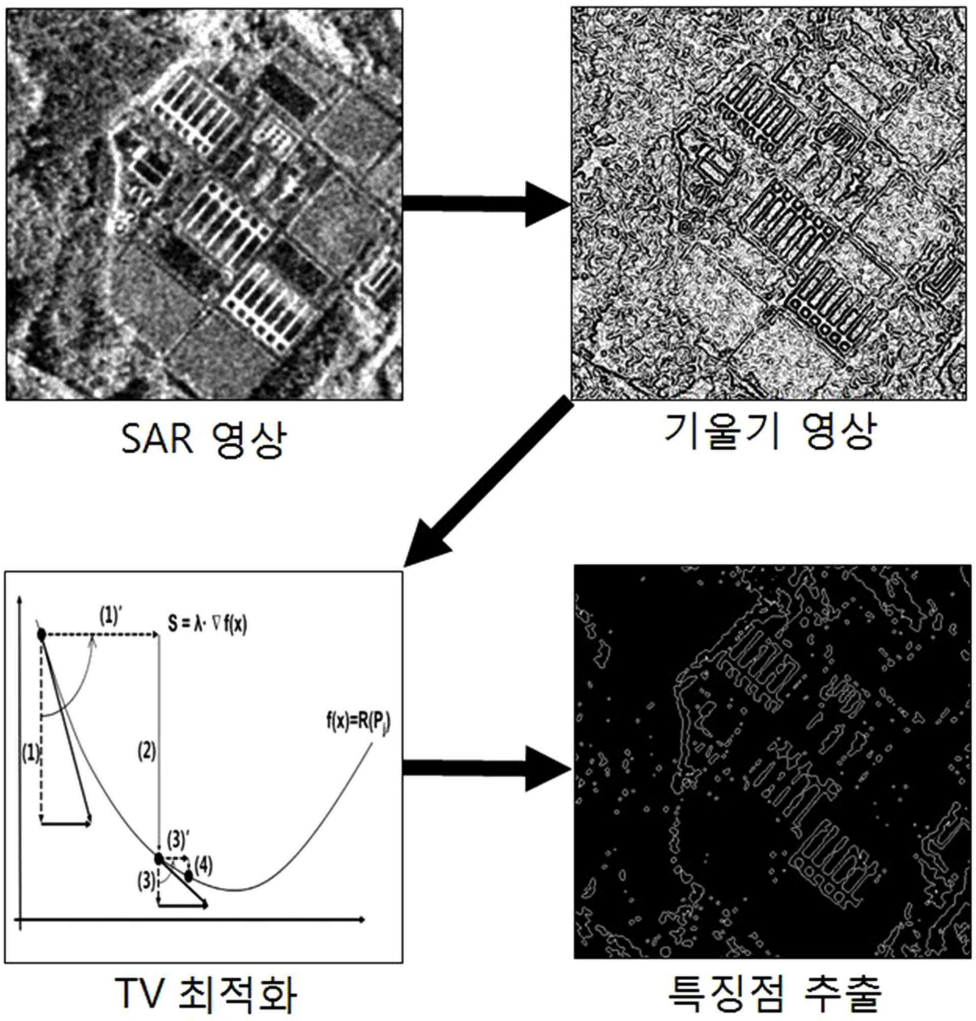
도면1



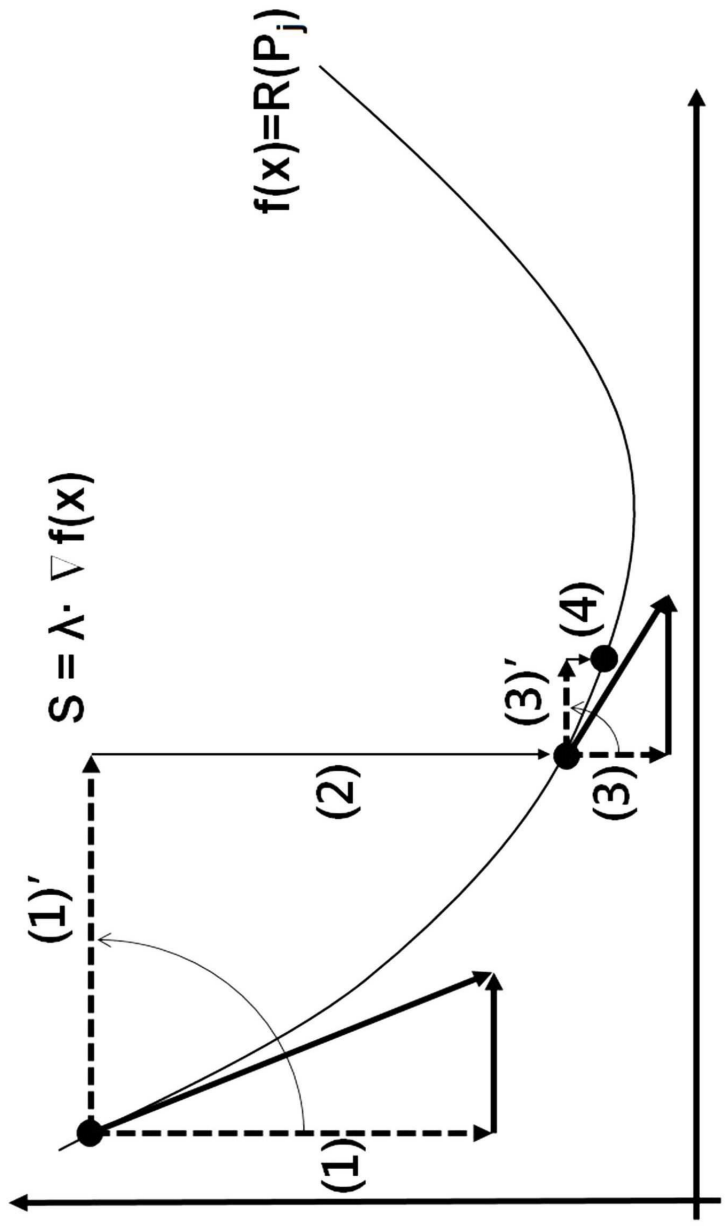
도면2


시작
기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 획득
S210
부유 위성 영상을 필터링
S220
필터링한 부유 위상 영상에서 특징 영역으로 분할하고, 특징 영역에서 복수의 특징점을 추출
S230
특징점으로부터 거리 지도를 생성하고 거리 지도에서 쉘 볼륨을 추출
S240
쉘 볼륨을 기준으로 변환 파라미터를 설정하여 기준 위성 영상과 부유 위성 영상을 정합
S250
종료

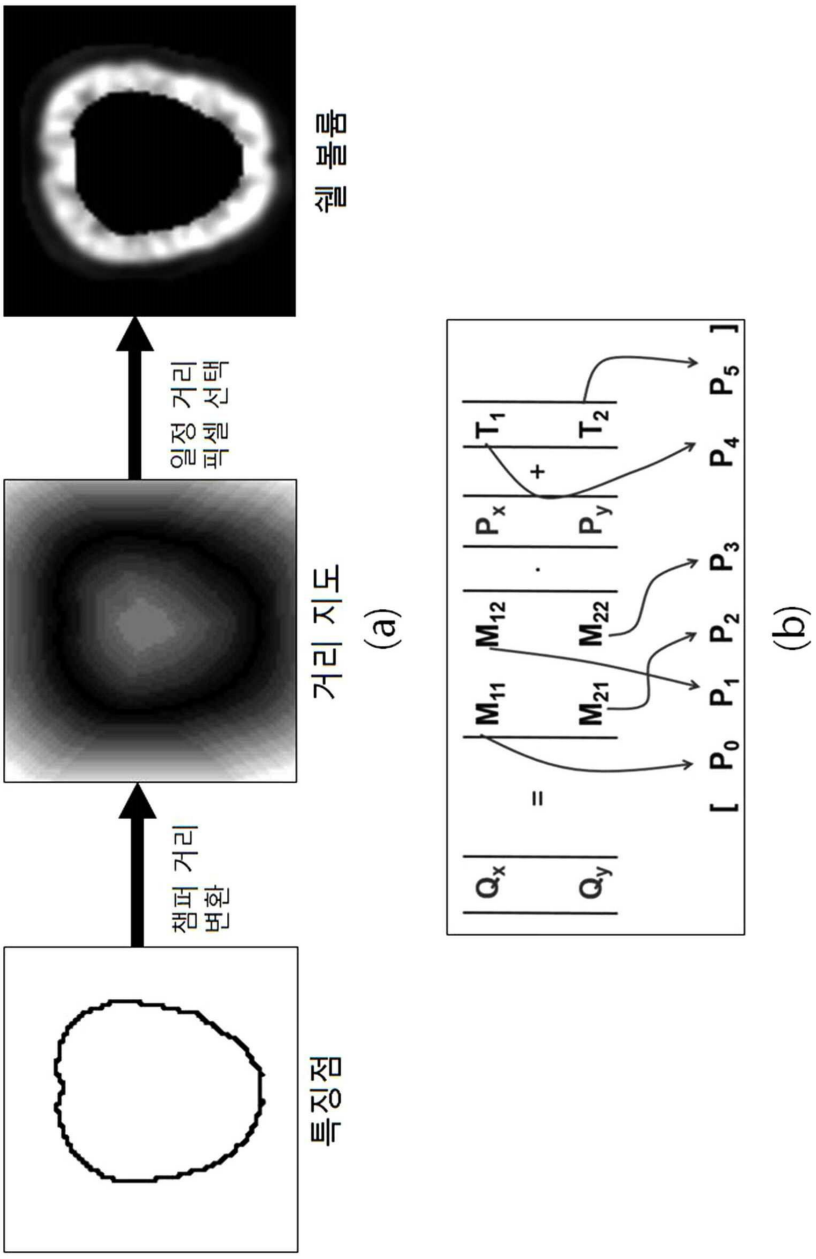
도면3



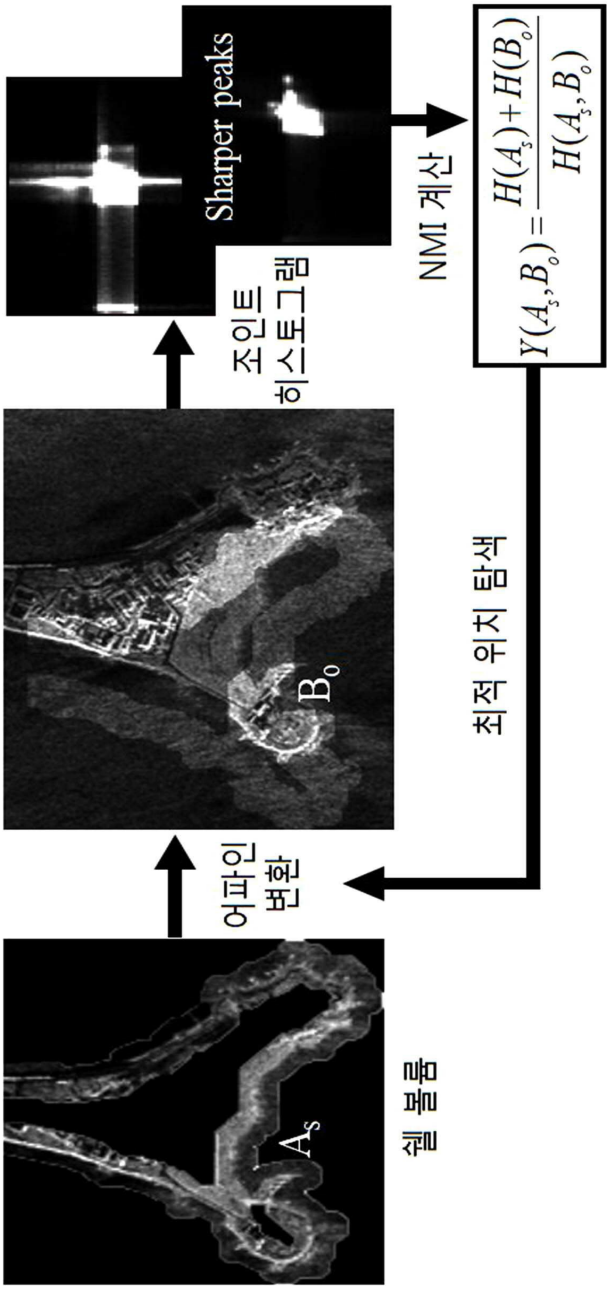
도면4



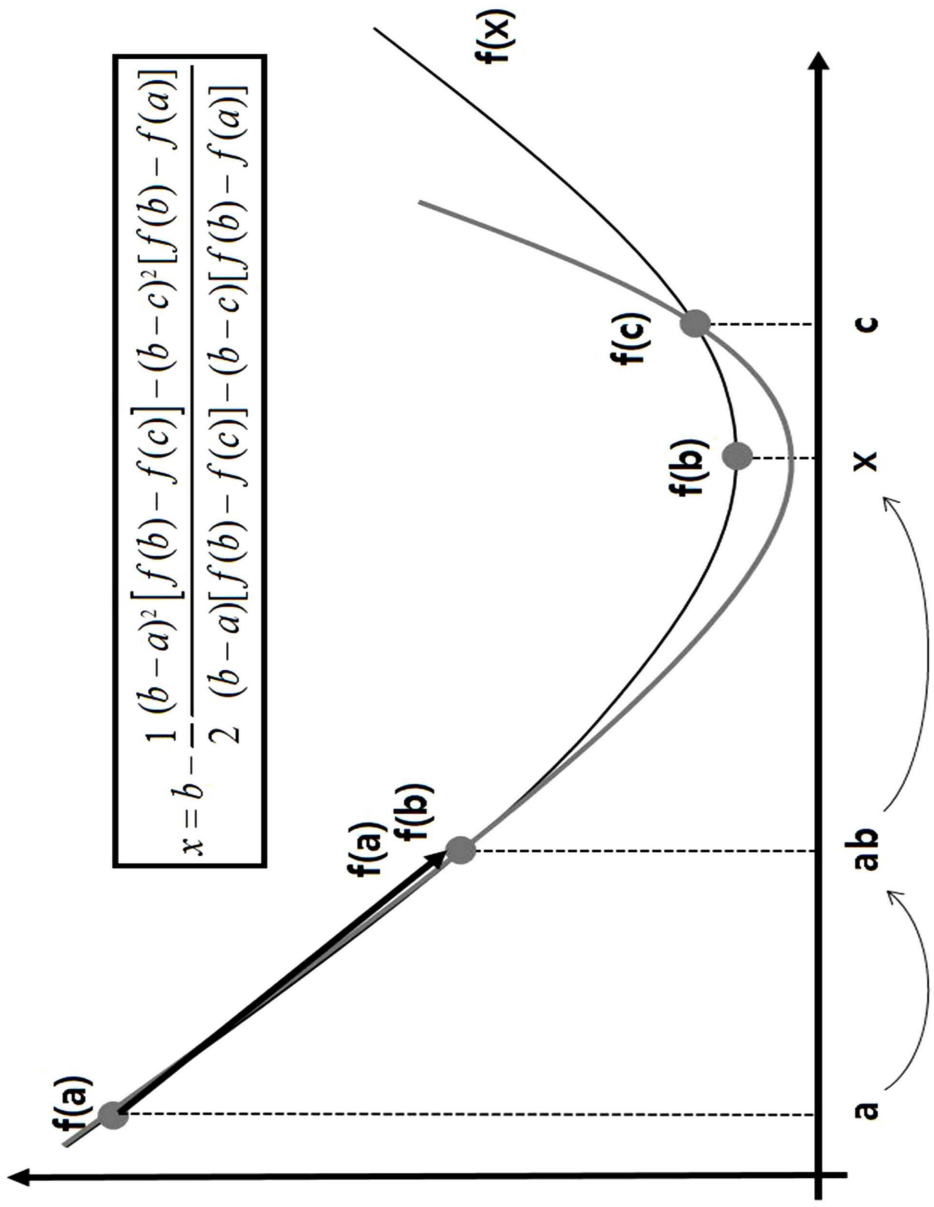
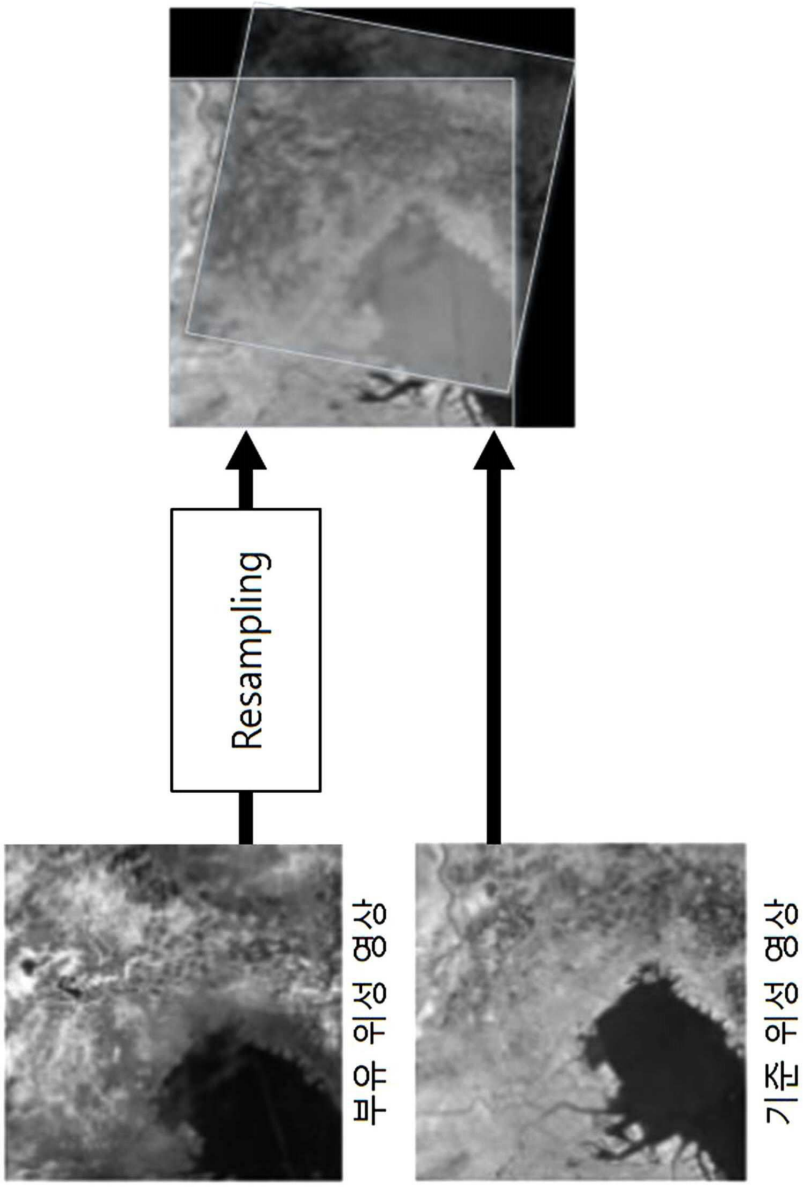
도면5



도면6


Sharper peaks
조인트 히스토그램
NMI 계산
$Y(A_s,B_o)=\frac{H(A_s)+H(B_o)}{H(A_s,B_o)}$
최적 위치 탐색
어파인 변환
B_0
A_s
쉘 볼륨

도면7


$x = b - \frac{1}{2}\frac{(b-a)^2\left[f(b)-f(c)\right]-(b-c)^2[f(b)-f(a)]}{(b-a)[f(b)-f(c)]-(b-c)[f(b)-f(a)]}$
f(x)
f(a)
f(b)
f(a)
f(b)
f(c)
a
ab
x
c

도면8