



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0043591
(43) 공개일자 2023년03월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/18 (2006.01) G01W 1/08 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01W 1/18 (2013.01)
G01W 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0126663
(22) 출원일자 2021년09월24일
심사청구일자 2021년09월24일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
문용재
경기도 용인시 수지구 신봉2로 72, 209동 1404호 (신봉동, 신봉마을자이2차아파트)
이하림
경기도 수원시 영통구 매영로415번길 2, 2층(영통동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

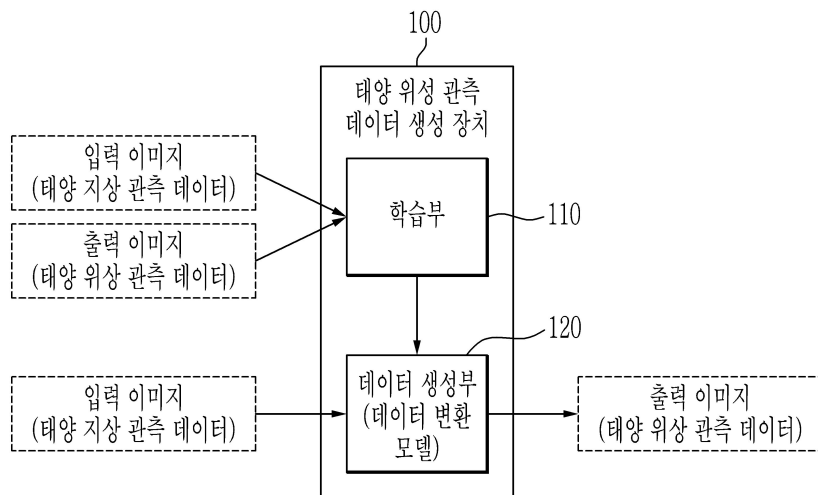
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 태양 위성 관측 데이터 생성 방법 및 그 장치

(57) 요약

태양 위성 관측 데이터 생성 방법 및 그 장치가 개시된다. 이 방법은 컴퓨팅 장치의 동작 방법으로서, 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성하도록 데이터 변환 모델을 학습시키는 단계, 그리고 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 상기 학습된 데이터 변환 모델에 입력하여 상기 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/08 (2023.01)

(72) 발명자

박은수

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 205호(서천동, 천문대)

정현진

경기도 성남시 분당구 동판교로 155, 702동 1301호
(삼평동 봇들마을7단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711106686
과제번호	NRF-2019R1C1C1004778
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	신진연구
연구과제명	딥러닝을 이용한 1612년 이후의 태양 자외선, X선, 자기장 영상 생성 연구
기 여 율	2/5
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01~2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711107115
과제번호	NRF-2020R1C1C1003892
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	우수신진연구
연구과제명	딥러닝으로 생성된 태양 후면 자기장 지도를 활용한 거대 태양 흑점 진화 및 동쪽 가장자리 플레어 예보 연구
기 여 율	2/5
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01~2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711125765
과제번호	2018-0-01422
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	태양위험 분석 및 대응기술 연구
연구과제명	태양흑점폭발 분석 및 예측기술 연구
기 여 율	1/5
과제수행기관명	(주)한컴인스페이스
연구기간	2018.07.01~2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 장치의 동작 방법으로서,

태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성하도록 데이터 변환 모델을 학습시키는 단계, 그리고

과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 상기 학습된 데이터 변환 모델에 입력하여 상기 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 단계

를 포함하는, 동작 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

현재 측정된 태양 지상 관측 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 현재 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 가상의 위성 관측 데이터를 생성하고, 상기 가상의 위성 관측 데이터와 현재 측정된 실제 위성 관측 데이터 간의 손실값이 최소화되도록 상기 데이터 변환 모델을 학습시키는, 동작 방법.

청구항 3

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하는, 동작 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하는, 동작 방법.

청구항 5

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 기본 단위로 정규화한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하는, 동작 방법.

청구항 6

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

위성의 관측 성능 노후화를 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하는, 동작 방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

이미지 안에 태양 반지름과 사이즈를 단위 픽셀로 정규화한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하는, 동작 방법.

청구항 8

제1항에서,

상기 학습시키는 단계는,

태양 지상 관측 데이터와 상기 태양 지상 관측 데이터로부터 생성된 태양 위성 관측 데이터를 다양한 사이즈로 다운샘플링하고, 다운샘플링한 데이터들이 실제인지 또는 가짜인지 판별하여 손실 함수에 기반한 손실을 출력하고,

상기 손실이 최소화되도록 상기 데이터 변환 모델을 학습시키는, 동작 방법.

청구항 9

데이터 변환 모델을 이용하여 데이터를 변환하는 프로그램을 저장하는 메모리, 그리고

상기 프로그램을 실행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고,

상기 프로그램은,

태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터 간의 변환을 위하여 GAN(Generative Adversarial Networks) 기반의 데이터 변환 모델을 학습시키고,

과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 상기 학습된 데이터 변환 모델에 입력하여 상기 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 명령어들(Instructions)을 포함하는, 컴퓨팅 장치.

청구항 10

제9항에서,

상기 프로그램은,

상기 태양 지상 관측 데이터를 상기 데이터 변환 모델의 생성부에 입력하여 상기 태양 위성 관측 데이터를 출력하도록 상기 생성부를 학습시키는 명령어들을 포함하는, 컴퓨팅 장치.

청구항 11

제10항에서,

상기 프로그램은,

상기 태양 지상 관측 데이터와 상기 생성한 태양 위성 관측 데이터를 상기 데이터 변환 모델의 판별부에 입력하여 상기 생성한 태양 위성 관측 데이터가 실제인지 또는 가짜인지 판별하고, 판별 결과에 따른 손실을 최소화하도록 상기 생성부와 상기 판별부를 학습시키는 명령어들을 포함하는, 컴퓨팅 장치.

청구항 12

제11항에서,

상기 프로그램은,

상기 판별부에 서로 다른 사이즈의 다운샘플링한 데이터들을 입력하여 상기 실제인지 또는 상기 가짜인지 판별하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨팅 장치.

청구항 13

제9항에서,

상기 프로그램은,

상기 태양 지상 관측 데이터에 대하여 태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정, 태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 보정, 이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 정해진 기본 단위로 정규화, 위성의 관측 성능 노후화 보정 중 적어도 하나의 데이터 전처리를 수행하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨팅 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양 위성 관측 데이터 생성 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양 칼슘(Ca) II 필터 관측은 태양의 채층을 연구하는 중요한 지상 자료 중 하나로 전세계 다양한 관측소에서 1800년대 후반부터 현재까지 관측되고 있다. 여기서, Ca II는 이온화된 칼슘을 의미하며, Ca II 필터는 이온화된 칼슘의 방출선을 관측하는 필터를 의미한다.

[0003] 태양 자외선/극자외선 위성 관측 영상과 데이터는 태양의 대기, 태양의 채층을 연구하는 중요한 자료 중 하나이다.

[0004] 태양 관측 방법은 태양 대기권 내에서 관측하는 태양 지상 관측과 태양 대기권 밖에서 관측하는 태양 위성 관측이 있다.

[0005] 과거에는 태양 Ca 필터를 통해 지상에서 태양의 채층을 관측할 수 있었고, 태양에서 방출되는 자외선/극자외선은 관측할 수 없었다. 태양에서 방출되는 자외선/극자외선은 대부분 지구 대기에 흡수되기 때문에 지상에서는 관측하기 어렵기 때문이다.

[0006] 현재에는 태양 자외선/극자외선을 관측하는 대표적인 기기는 SDO(Solar Dynamics Observatory) 위성에 탑재된 AIA(Atmospheric Imaging Assembly)이다. AIA는 4Kx4K CCD(Charge-Coupled Device)를 사용하며 12초 간격으로, 태양 전면의 채층과 코로나를 2010년부터 관측하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 해결하고자 하는 과제는 Ca II 필터를 통해 생성한 태양 지상 관측 데이터와 위성 관측 기기를 통해 생성한 태양 위성 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하여 학습된 데이터 변환 모델을 이용하여 위성 관측 기기가 없던 과거에 생성된 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 방법 및 그 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 하나의 특징에 따르면, 컴퓨팅 장치의 동작 방법으로서, 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성하도록 데이터 변환 모델을 학습시키는 단계, 그리고 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 상기 학습된 데이터 변환 모델에 입력하여 상기 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 학습시키는 단계는, 현재 측정된 태양 지상 관측 데이터를 입력 데이터로 사용하여 상기 현재 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 가상의 위성 관측 데이터를 생성하고, 상기 가상의 위성 관측 데이터와 현재 측정된 실제 위성 관측 데이터 간의 손실값이 최소화되도록 상기 데이터 변환 모델을 학습시킬 수 있다.

[0010] 상기 학습시키는 단계는, 태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용할 수 있다.

[0011] 상기 학습시키는 단계는, 태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용할 수 있다.

- [0012] 상기 학습시키는 단계는, 이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 기본 단위로 정규화한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용할 수 있다.
- [0013] 상기 학습시키는 단계는, 위성의 관측 성능 노후화를 보정한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용할 수 있다.
- [0014] 상기 학습시키는 단계는, 이미지 안에 태양 반지름과 사이즈를 단위 픽셀로 정규화한 태양 지상 관측 데이터를 학습 데이터로 사용할 수 있다.
- [0015] 상기 학습시키는 단계는, 태양 지상 관측 데이터와 상기 태양 지상 관측 데이터로부터 생성된 태양 위성 관측 데이터를 다양한 사이즈로 다운샘플링하고, 다운샘플링한 데이터들이 실제인지 또는 가짜인지 판별하여 손실 함수에 기반한 손실을 출력하고, 상기 손실이 최소화되도록 상기 데이터 변환 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0016] 다른 특징에 따르면, 컴퓨팅 장치는 데이터 변환 모델을 이용하여 데이터를 변환하는 프로그램을 저장하는 메모리, 그리고 상기 프로그램을 실행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 프로그램은, 태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터 간의 변환을 위하여 GAN(Generative Adversarial Networks) 기반의 데이터 변환 모델을 학습시키고, 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 상기 학습된 데이터 변환 모델에 입력하여 상기 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 명령어들(Instructions)을 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 프로그램은, 상기 태양 지상 관측 데이터를 상기 데이터 변환 모델의 생성부에 입력하여 상기 태양 위성 관측 데이터를 출력하도록 상기 생성부를 학습시키는 명령어들을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 프로그램은, 상기 태양 지상 관측 데이터와 상기 생성한 태양 위성 관측 데이터를 상기 데이터 변환 모델의 판별부에 입력하여 상기 생성한 태양 위성 관측 데이터가 실제인지 또는 가짜인지 판별하고, 판별 결과에 따른 손실을 최소화하도록 상기 생성부와 상기 판별부를 학습시키는 명령어들을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 프로그램은, 상기 판별부에 서로 다른 사이즈의 다운샘플링한 데이터들을 입력하여 상기 실제인지 또는 상기 가짜인지 판별하는 명령어들을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 프로그램은, 상기 태양 지상 관측 데이터에 대하여 태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정, 태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 보정, 이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 정해진 기본 단위로 정규화, 위성의 관측 성능 노후화 보정 중 적어도 하나의 데이터 전처리를 수행하는 명령어들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 실시예에 따르면, 위성 관측으로만 가능했던 태양 자외선/극자외선 데이터를 지상 관측 자료로부터 생성할 수 있다.
- [0022] 또한, 지상 관측만 가능했던 시대에 측정된 Ca II 필터 영상으로 태양 위성 관측 데이터를 생성하여 과거 태양 대기의 변화를 연구할 수 있다.
- [0023] 또한, 위성 관측이 불가능할 때 제안하는 모델의 산출물로 위성 관측 데이터를 대체할 수 있다.
- [0024] 또한, 태양 자외선/극자외선 위성 관측 영상 및 데이터를 과학연구에 활용할 수 있는데, 예를들어, 태양 자외선/극자외선 데이터로부터 태양 분광 조도(Solar Spectral Irradiance)를 구할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 2는 실시예에 따른 데이터 변환 모델의 구조를 도시한다.
- 도 3은 실시예에 따른 태양 분광 조도의 산출 예시도이다.
- 도 4는 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성을 위한 학습 과정을 도시한다.
- 도 5는 한 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.
- 도 6은 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.
- 도 7은 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.

도 8은 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.

도 9는 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.

도 10는 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성 절차를 도시한다.

도 11은 실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0028] 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "...모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0029] 본 발명에서 설명하는 장치들은 적어도 하나의 프로세서, 메모리 장치, 통신 장치 등을 포함하는 하드웨어로 구성되고, 지정된 장소에 하드웨어와 결합되어 실행되는 프로그램이 저장된다. 하드웨어는 본 발명의 방법을 실행할 수 있는 구성과 성능을 가진다. 프로그램은 도면들을 참고로 설명한 본 발명의 동작 방법을 구현한 명령어(instructions)를 포함하고, 프로세서와 메모리 장치 등의 하드웨어와 결합하여 본 발명을 실행한다.
- [0030] 본 명세서에서 "전송 또는 제공"은 직접적인 전송 또는 제공하는 것 뿐만 아니라 다른 장치를 통해 또는 우회 경로를 이용하여 간접적으로 전송 또는 제공도 포함할 수 있다.
- [0031] 본 명세서에서 단수로 기재된 표현은 "하나" 또는 "단일" 등의 명시적인 표현을 사용하지 않은 이상, 단수 또는 복수로 해석될 수 있다.
- [0032] 본 명세서에서 도면에 관계없이 동일한 도면번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 구성요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.
- [0033] 본 명세서에서, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어들은 다양한 구성요소들을 설명하는 데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 개시의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0034] 본 명세서에서 도면을 참고하여 설명한 흐름도에서, 동작 순서는 변경될 수 있고, 여러 동작들이 병합되거나, 어느 동작이 분할될 수 있고, 특정 동작은 수행되지 않을 수 있다.
- [0036] 도 1은 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성 장치의 구성을 나타낸 블록도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성하는 기능이 구비된 컴퓨팅 장치이다.
- [0038] 컴퓨팅 장치는 노트북, 데스크톱(desktop), 랩탑(laptop), 서버(server) 등이 될 수 있으나, 이에 국한되는 것은 아니며 컴퓨팅 기능이 구비된 모든 종류의 장치를 포함할 수 있다. 상기 컴퓨팅 장치의 일 예는 도 11을 참조한다.
- [0039] 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하여 학습시킨 데이터 변환 모델을 이용하여 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성한다.
- [0040] 도 1은 위성 관측 데이터 생성 장치(100)가 하나의 컴퓨팅 장치로 구현된 것을 예시하고 있으나, 위성 관측 데이터 생성 장치(100)의 기능은 복수의 컴퓨팅 장치로 구현될 수도 있다. 이와 같은 경우, 위성 관측 데이터 생성 장치(100)의 제1 기능은 제1 컴퓨팅 장치에서 구현되고, 위성 관측 데이터 생성 장치(100)의 제2 기능은 제2

컴퓨팅 장치에서 구현될 수 있다. 또는, 상기 복수의 컴퓨팅 장치가 제1 기능 또는 제2 기능을 나누어 구현할 수도 있다.

- [0041] 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 딥러닝 기술을 이용하여 데이터 변환 모델을 생성한다. 이때, 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 컨벌루션(convolution) 필터가 포함된 네트워크 구조인 컨벌루션 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)과 조건부 적대 생성망(conditional Generative Adversarial Network, cGAN)을 이용하여 데이터 변환 모델을 생성할 수 있다.
- [0042] 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 학습부(110) 및 데이터 생성부(120)를 포함한다.
- [0043] 학습부(110)는 태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터 간의 관계를 학습하여 데이터 변환 모델을 생성한다.
- [0044] 본 발명의 실시예에 따르면, 태양 칼슘(Ca) II 필터(이하, 'Ca II 필터'로 통칭하여 기재함) 관측을 통해 획득한 데이터를 태양 지상 관측 데이터로 이용할 수 있다. 또한, 태양 활동 관측 위성(Solar Dynamics Observatory, 이하, 'SDO'라 통칭함)의 AIA(Atmospheric Imaging Assembly) 관측을 통해 획득한 데이터를 태양 위성 관측 데이터로 이용할 수 있다. SDO/AIA 데이터는 지구 정지 궤도 위성인 SDO에서 94Å(angstrom, =9.4nm), 131Å(=13.1nm), 171Å(=17.1nm), 193Å(=19.3nm), 211Å(=21.1nm), 304Å(=30.4nm), 335Å(=33.5nm), 1600Å(=160.0nm), 1700Å(=170.0nm) 파장의 필터 관측을 통해 생성될 수 있다. SDO/AIA 데이터는 태양 위성 관측 데이터의 한 종류로서, 이에 국한되는 것은 아니다.
- [0045] 학습부(110)는 태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터로 구성된 1 pair의 훈련 데이터, 그리고 1 pair의 평가 데이터를 사용하여 학습을 진행할 수 있다. 실시예에 따르면, 2069 pair의 훈련 데이터와, 386 pair의 평가 데이터를 사용하여 학습을 진행할 수 있다. 이때, 2011년 1월 1일부터 2015년 6월 30일까지 매년 6월과 12월을 제외한 기간 동안 Ca II 데이터와 SDO/AIA 데이터가 모두 측정되었을때 이들을 훈련 데이터로 사용할 수 있다. 또한, 2011년 6월부터 2015년 6월까지 매년 6월과 12월에 관측된 Ca II 데이터와 SDO/AIA 데이터를 평가 데이터로 사용할 수 있다.
- [0046] 데이터 생성부(120)는 태양 지상 관측 데이터를 학습부(110)가 생성한 데이터 변환 모델에 입력하여 태양 위성 관측 데이터를 생성한다. 데이터 생성부(120)는 태양 위성 관측 시대 이전의 태양 Ca II 필터를 통해 관측된 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 생성할 수 있다.
- [0048] 도 2는 실시예에 따른 데이터 변환 모델의 구조를 도시하고, 도 3은 실시예에 따른 태양 자외선/극자외선 플럭스(flux)의 산출 예시도이다.
- [0049] 도 2를 참조하면, 데이터 변환 모델(200)은 데이터 전처리부(210), 생성부(Generator, G)(220), 데이터 후처리부(230), 데이터 조정부(240) 및 판별부(Discriminator, D)(250)를 포함한다.
- [0050] 생성부(G)(220)와 판별부(D)(250)는 구조적으로 CNN 기반의 네트워크이고, 생성부(G)(220)와 판별부(D)(250)를 훈련하기 위해 GAN 손실(Loss)이 사용된다.
- [0051] 데이터 전처리부(210)는 태양 지상 관측 데이터를 입력받고, 입력받은 태양 지상 관측 데이터에 정해진 방식의 전처리를 수행한다.
- [0052] 생성부(G)(220)는 Generator network로서, 입력 이미지로부터 목표 이미지 생성을 목적으로 하는 네트워크를 포함한다.
- [0053] 생성부(G)(220)는 데이터 전처리부(210)로부터 입력받은 전처리된 태양 지상 관측 데이터로부터 태양 위성 관측 데이터를 출력하도록 학습된다. 예컨대, 생성부(G)(220)는 Ca II 데이터로부터 SDO/AIA 데이터를 출력하도록 학습될 수 있다.
- [0054] 이때, 데이터 포맷은 이미지이나, 설명의 편의를 위해 데이터와 이미지는 동일한 용어로 사용한다. 즉, 지상 관측 데이터와 지상 관측 이미지는 동일한 대상으로 설명한다.
- [0055] 데이터 후처리부(230)는 생성부(G)(220)가 출력한 위성 관측 데이터로부터 영상 내부 태양면에 해당하는 지역에서의 총 픽셀값의 합을 출력할 수 있다. 픽셀값의 단위는 data number/sec이다. 이러한 픽셀값의 합, 즉, 태양 자외선/극자외선 플럭스값을 이용하여 태양 분광 조도(Solar Spectral Irradiance)를 산출할 수 있으며, 태양

분광 조도 산출에 대한 내용은 생략한다.

- [0056] 도 3을 참조하면, 생성부(G)(220)가 출력한 태양 위성 관측 데이터(P1)에는 픽셀 단위로 픽셀값이 표시되어 있다. 데이터 후처리부(230)는 태양 위성 관측 데이터(P1)의 중심부, 즉 원에 소속되는 픽셀값들(2, 2, 2, 2, 2, 4, 5, 2, 2, 3, 6, 2, 2, 2, 2, 2)을 모두 합산한 42(data number/sec)를 산출할 수 있다.
- [0057] 도 1의 학습부(110)는 태양 지상 관측 데이터와 태양 위성 관측 데이터를 학습 데이터로 사용하여 도 2의 데이터 변환 모델을 학습시킨다.
- [0058] 도 1의 데이터 생성부(120)는 도 2의 데이터 변환 모델 구조에서 데이터 전처리부(210), 생성부(G)(220), 데이터 후처리부(230)를 포함한다.
- [0059] 다시, 도 2를 참조하면, 판별부(D)(250)는 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)을 입력받고, 입력받은 이미지 쌍중에서 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 판별한다.
- [0060] 가짜(Fake) 이미지 쌍은 입력 데이터로 사용한 지상 관측 데이터와 생성부(G)(220)를 통해 생성된 위성 관측 데이터로 이루어진다. 실제(Real) 이미지 쌍은 입력 데이터로 사용한 지상 관측 데이터와 실제(Ground truth) 위성 관측 데이터로 이루어진다. 여기서, 생성부(G)(220)를 통해 생성된 위성 관측 데이터는 가상의 위성 관측 데이터로 호칭할 수 있다.
- [0061] 이때, 판별부(D)(250)는 복수개로 구현될 수 있는데, D1(251), D2(252), D3(253)를 포함할 수 있다. D1(251), D2(252), D3(253)는 각각 사이즈가 다른 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)을 입력받는다.
- [0062] 데이터 조정부(240)는 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)의 사이즈를 정해진 사이즈 단위로 여러번 줄일 수 있다.
- [0063] 데이터 조정부(240)는 입력받은 사이즈 그대로, 즉, 원본 사이즈(예, 1024×1024 사이즈)의 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)을 D1(251)에 입력할 수 있다.
- [0064] 데이터 조정부(240)는 입력받은 사이즈(예, 1024×1024 사이즈)를 1/2 사이즈(예, 512×512 사이즈)로 다운샘플링한 후, 사이즈가 다운샘플링된 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)을 D2(242)에 입력할 수 있다.
- [0065] 데이터 조정부(240)는 입력받은 사이즈(예, 1024×1024 사이즈)를 1/4 사이즈(예, 256×256 사이즈)로 다운샘플링한 후, 사이즈가 다운샘플링된 후, 가짜(Fake) 이미지 쌍(generated pair)과 실제(Real) 이미지 쌍(real pair)을 D3(243)에 입력할 수 있다.
- [0066] D1(251), D2(252), D3(253)은 입력받은 이미지 쌍이 가짜 인지 또는 실제 인지 판별하고, 실제 이미지 쌍일 확률을 출력한다.
- [0067] D1(251), D2(252), D3(253)는 cGAN 손실함수를 이용하여 cGAN Loss #1과 cGAN Loss #2, FM(Feature Matching) Loss를 출력할 수 있다.
- [0068] cGAN Loss #1은 아래 수학적 식 1과 같이 정의되고, 판별부(250) 학습을 위해 사용된다.
- [0069] [수학적 식 1]
- $$L_{cGAN}^D(G, D) = \frac{1}{2}(D(x, y) - 1)^2 + \frac{1}{2}(D(x, G(x)))^2$$
- [0070]
- [0071] 수학적 식 1에서, x는 실제 입력(real input)이고, y는 실제 출력(real output)이며, G(x)는 생성부(G)의 출력을 의미하고, D(x, y)는 판별부(D)의 x 입력에 대한 y 출력을 의미한다.
- [0072] cGAN Loss1은 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 잘 구별하도록 하는 손실값이다. 판별부(D)(250, 251, 252, 253)의 역할은 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 구별하는 것으로, 입력받은 이미지 쌍이 실제 이미지 쌍일 확률을 출력한다. 실제 이미지 쌍의 답안지를 1(실제 이미지 쌍일 확률이 100%), 가짜 이미지 쌍의 답안지를 0(실제 이미지 쌍일 확률이 0%)이라 정한다.
- [0073] 이때, cGAN Loss1은 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 입력받은 이미지 쌍의 종류에 따라 출력한 실제 이미지일 확률과 답안지 간의 차이들을 평균한 값으로 계산된다. 즉, 판별부(D)(250, 251, 252, 253)에 실제 이미지 쌍을

입력하였을 때 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 출력한 확률과 답안지 1간의 차이, 그리고 판별부(D)(250, 251, 252, 253)에 가짜 이미지 쌍을 입력하였을 때 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 출력한 확률과 답안지 0간의 차이를 평균한 값이 cGAN Loss1이다. cGAN Loss1는 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 얼마나 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 잘 구분하는지를 나타낸 지표이다.

[0074] cGAN Loss #2는 아래 수학적 2와 같이 정의되고, 생성부(220) 학습을 위해 사용된다.

[0075] [수학적 2]

[0076]
$$L_{cGAN}^G(G, D) = (D(x, G(x)) - 1)^2$$

[0077] 수학적 2에서, x는 실제 입력(real input)이고, y는 실제 출력(real output)이며, G(x)는 생성부(G)의 출력을 의미하고, D(x, G(x))는 판별부(D)의 G(x) 입력에 대한 y 출력을 의미한다.

[0078] cGAN Loss2는 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 잘 구별하지 못하도록 생성부(G)(220)에서 가짜 이미지 쌍을 정교하게 만들도록 하는 손실값이다.

[0079] 생성부(G)(220)의 역할은 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 실제 이미지 쌍인지 또는 가짜 이미지 쌍인지 구분하기 어렵도록 정교한 가짜 이미지 쌍을 만드는 것이다. 즉, 판별부(D)(250, 251, 252, 253)에 가짜 이미지 쌍을 입력하였을 때 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 1(즉, 실제 이미지에 가까운 확률)을 출력하도록 한다. 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 가짜 이미지 쌍을 입력받아 출력한 값이 1과 차이가 적어지면 생성부(G)(220)가 잘 작동하는 것이기 때문에 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 가짜 이미지 쌍을 입력받아 출력한 확률값이 1(즉, 실제 이미지에 가까운 확률)과 얼마나 차이나는지를 나타낸 지표가 cGAN Loss2이다. cGAN Loss2는 생성부(G)(220)가 판별부(D)(250, 251, 252, 253)를 얼마나 잘 속였는지를 나타내는 지표라 할 수 있다.

[0080] FM Loss는 실제 이미지 쌍이 판별부(D)(250, 251, 252, 253)를 통과할 때 생성되는 피쳐 맵(feature map)들과 가짜 이미지 쌍이 판별부(D)(250, 251, 252, 253)를 통과할 때 생기는 피쳐 맵들이 얼마나 유사한지 나타내는 손실값이다. FM(Feature Matching Loss) Loss는 아래 수학적 3과 같이 정의될 수 있다.

[0081] [수학적 3]

[0082]
$$L^{G_{FM}}(G, D) = \sum_{i=1}^T \frac{1}{N_i} [\| D^i(x, y) - D^i(x, G(x)) \|]$$

[0083] 수학적 3에서 $L^{G_{FM}}(G, D)$ 는 생성부(G)(220)의 훈련을 위한 FM Loss를 의미한다. T는 총 레이어의 개수를 의미한다. i는 레이어 번호(인덱스)를 의미한다. N은 각 레이어 피쳐 맵(feature map)의 픽셀 수를 의미한다.

[0084] 판별부(D)(250, 251, 252, 253)는 앞서 설명한 cGAN Loss1, cGAN Loss2, FM Loss를 토대로, 생성부(G)(220) 학습을 위한 최종 cGAN Loss1과 판별부(D)(250, 251, 252, 253) 학습을 위한 최종 cGAN Loss2를 생성한다. 최종 cGAN Loss2는 생성부(G)(220)로 출력되고, 최종 cGAN Loss1은 판별부(D)(250, 251, 252, 253), 판별부(D)가 복수개일 경우, 각 판별부(D)에 각각 출력된다.

[0085] 최종 cGAN Loss2(L^G)는 수학적 4와 같이 정의하고, 최종 cGAN Loss1(L^{D_K})은 수학적 5와 같이 정의할 수 있다.

[0086] [수학적 4]

[0087]
$$L^G = \sum_{K=1,2,3} L_{cGAN}^G(G, D_K) + \lambda \sum_{K=1,2,3} L_{FM}^G(G, D_K)$$

[0088] 수학적 4에서, L^G는 생성부(G) 훈련을 위한 최종 Loss를 의미한다. K는 판별부(D) 번호, 즉, D1(251), D2(252), D3(252)를 구분하는 번호를 의미한다. λ는 GAN Loss와 FM Loss 사이의 가중치로서, 예컨대, 10을 사용할 수 있다.

[0089] 이와 같이, 최종 cGAN Loss2(L^G)는 생성부(G)(220)가 가짜 이미지 쌍을 정교하게 만들도록 하는 손실값으로서, 판별부(D)(250, 251, 252, 253)에서 생성된 cGAN Loss2들과 FM Loss들의 합으로 정의된다.

[0090] [수학식 5]

$$L^{D_K} = \sum_{K=1,2,3} L_{cGAN}^D(G, D_K)$$

[0091]

[0092] 수학식 5에서, L^{D_K} 는 K번째 판별부(D) 훈련을 위한 최종 Loss를 의미한다. K는 판별부(D) 번호, 즉, D1(251), D2(252), D3(252)를 구분하는 번호를 의미한다.

[0093] 이와 같이, 최종 cGAN Loss1(L^{D_K})은 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 잘 구별하도록 하는 손실값으로서, 판별부(D)(250, 251, 252, 253)에서 생성된 cGAN Loss1들의 합으로 정의된다.

[0094] 따라서, 학습부(110)는 K번째 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 최종 cGAN Loss1(L^{D_K})을 최소화 하는 방향으로 훈련하고, 생성부(G)(220)가 최종 cGAN Loss2(L^G)를 최소화 하는 방향으로 데이터 변환 모델(200)을 학습시킨다.

[0096] 도 4는 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성을 위한 학습 과정을 도시하며, 도 5는 한 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이고, 도 6은 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이고, 도 7은 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이며, 도 8은 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이고, 도 9는 또 다른 실시예에 따른 입력 데이터의 전처리 예시도이다.

[0097] 도 4를 참조하면, 데이터 전처리부(210)는 입력받은(S101) 태양 지상 관측 데이터에 대해 정해진 방식의 전처리를 수행한다(S102).

[0098] 이때, 표 1은 전처리를 위한 메타 데이터를 설명한다.

표 1

[0099]

모델 훈련 및 평가에 사용하는 데이터 전처리		
SDO/AIA, Ca II 모두 같은 방식으로 데이터 전처리 수행		
프로그래밍 언어는 파이썬 사용		
데이터 전처리를 위한 메타데이터 설명		
구분	값	의미
T_REC	'2014-12-29T17:00:09Z'	관측 시간
TELESCOP	'SDO'	위성 이름
INSTRUME	'AIA_4'	기기 이름
WAVEUNIT	'angstrom'	파장 단위
WAVE_STR	'304_THIN'	파장
NAXIS1	4096	원본 데이터의 x축 사이즈
NAXIS2	4096	원본 데이터의 y축 사이즈
>>> 2014년 12월 29일 17시 00분 09초[UT]에 SDO 위성 AIA에서 관측된 304파장의 원본 데이터 크기는 4096x4096 픽셀이다.		

[0100] 표 1에 따르면, 학습 데이터로 사용되는 태양 위성 관측 데이터(예, SDO/AIA)의 전처리를 위한 메타 데이터를 나타내었다.

[0101] 한 실시예에 따르면, 데이터 전처리부(210)는 태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정하는 전처리, 태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 보정하는 전처리, 이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 기본 단위로 정규화하는 전처리, 위성의 관측 성능 노후화를 보정하는 전처리, 이미지 안에 태양 반지름과 사이즈를 단위 픽셀로 정규화하는 전처리 중 적어도 하나의 전처리를 수행할 수 있다.

[0102] 다른 실시예에 따르면, 데이터 전처리부(210)는 태양 중심을 이미지 중심에 오도록 보정하는 전처리, 태양 북극

이 이미지 12시 방향에 오도록 보정하는 전처리, 이미지를 노출 시간으로 나누어 픽셀값을 기본 단위로 정규화하는 전처리, 위성의 관측 성능 노후화를 보정하는 전처리, 이미지 안에 태양 반지름과 사이즈를 단위 픽셀로 정규화하는 전처리를 단계적으로 또는 병렬적으로 수행할 수 있다.

[0103] 이러한 전처리에 대해 도면을 참고하여 설명하면, 다음과 같다.

[0104] 본 발명의 실시예에서는, 2014년 12월 29일에 해당하는 태양 지상 관측 데이터를 사용하여 태양 지상 관측 데이터의 전처리 과정을 설명하였다. 태양 지상 관측 데이터마다 중심 좌표, 노출 시간, 반지름 등 모두 다른 값을 가지고 있다.

[0105] 이때, 태양 지상 관측 데이터의 원점은 (1, 1), 종점은 (4096, 4096)이다.

[0106] 먼저, 도 5의 (A)를 참조하면, 입력된 태양 지상 관측 데이터의 태양 중심 좌표는 (2059.6699, 2033.8800)이다.

[0107] 데이터 전처리부(210)는 태양 중심이 이미지의 중심인 [2048, 2048]에 위치하도록 조정한다. 이를 수식적으로 표현하면, 다음 수식식 6과 같다.

[0108] [수식식 6]

[0109] $x_{new} = x + x_{move}$

[0110] $y_{new} = y + y_{move}$

[0111] 여기서, x는 원본 태양 지상 관측 데이터의 x좌표의 픽셀값이고, y는 원본 태양 지상 관측 데이터의 y좌표의 픽셀값이다. x_{new} 는 중심 위치가 보정된 태양 지상 관측 데이터의 x좌표의 픽셀값이고, y_{new} 는 중심 위치가 보정된 태양 지상 관측 데이터의 영상 y좌표의 픽셀값이다. 중심 이동을 위해 이동해야 하는 픽셀값은 수식식 7과 같이 나타낼 수 있다.

[0112] [수식식 7]

[0113] $x_{move} = 2048 - CRPIX1$

[0114] $y_{move} = 2048 - CRPIX2$

[0115] 여기서, CRPIX1은 원본 태양 지상 관측 데이터에서 태양 중심의 x좌표(4096)를 의미하고, CRPIX2는 원본 태양 지상 관측 데이터에서 태양 중심의 y좌표(4096)를 말한다.

[0116] x_{move} 는 원본 태양 지상 관측 데이터의 x좌표의 중심과 중심 위치가 보정된 태양 지상 관측 데이터의 x좌표(2048) 간의 차이를 의미한다. y_{move} 는 원본 태양 지상 관측 데이터의 y좌표의 중심과 보정된 태양 지상 관측 데이터의 y좌표(2048) 간의 차이를 의미한다.

[0117] x_{new} 는 원본 태양 지상 관측 데이터의 x좌표를 x_{move} 만큼 이동한 후의 x좌표를 의미하며, y_{new} 는 원본 태양 지상 관측 데이터의 y좌표를 y_{move} 만큼 이동한 후의 y좌표를 의미한다.

[0118] 전처리가 완료된 태양 지상 관측 데이터에서 새로운 태양 중심의 x좌표를 2048 픽셀값이라고 하면, 2048에 CRPIX1 값을 뺀 만큼을 원본 태양 지상 관측 데이터에서 x좌표 방향으로 이동시킨다. 전처리가 완료된 태양 지상 관측 데이터에서 새로운 태양 중심의 y좌표를 2048 픽셀값이라고 하면, 2048에 CRPIX2 값을 뺀 만큼을 원본 태양 지상 관측 데이터에서 y좌표 방향으로 이동시킨다.

[0119] 다음, 데이터 전처리부(210)는 태양 북극이 이미지 12시 방향에 오도록 이미지 조정을 한다.

[0120] 도 6의 (A)를 참조하면, 원본 태양 지상 관측 데이터에서 태양 북극의 위치는 ' $\theta = -0.131875^\circ$ ' 만큼 회전되어 있다. 따라서, 데이터 전처리부(210)는 도 6의 (B)와 같이 태양 북극이 이미지의 12시 방향에 오도록 모든 데이터를 이동한다. 이를 수식으로 나타내면 수식식 8과 같다.

[0121] [수식식 8]

[0122]
$$\begin{bmatrix} x_{rotation} \\ y_{rotation} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

[0123] 수식식 8에서, x는 원본 태양 지상 관측 데이터의 x좌표의 픽셀값이고, y는 원본 태양 지상 관측 데이터의 y좌표의 픽셀값이다. $x_{rotation}$ 은 회전 보정된 태양 지상 관측 데이터의 x좌표의 픽셀값이고, $y_{rotation}$ 은 회전

보정된 태양 지상 관측 데이터의 y좌표의 픽셀값이다.

[0124] CROTA2(θ)는 원본 태양 지상 관측 데이터에서 이미지 12시부터 태양 북극 사이의 각도로서, -는 왼쪽 방향을 의미하고, +는 오른쪽 방향을 의미한다.

[0125] CROTA2(θ)가 -0.13187500이라고 하면, 이는 태양 북극이 이미지 12시 방향으로부터 왼쪽으로 0.131875도 회전되어 있음을 의미한다.

[0126] 다음, 데이터 전처리부(210)는 데이터 전처리부(210)는 도 7의 (A)와 같은 원본 태양 지상 관측 데이터를 노출 시간으로 나눠서 픽셀값을 [data number/sec] 형태로 정규화하여 도 7의 (B)와 같이 보정할 수 있다.

[0127] 원본 태양 지상 관측 데이터에서 픽셀값의 단위는 DN(data number)이다. 이 데이터를 시간에 대하여 정규화하는 방법은 노출 시간(sec)으로 나눠주는 것이며 이 변환을 거친 후의 데이터의 단위는 DN/sec가 된다. 이를 수식으로 나타내면, 수학식 9와 같다.

[0128] [수학식 9]

$$[0129] \text{DATA_CALIBRATED} = \frac{\text{DATA_ORIGINAL}}{\text{EXPTIME}}$$

[0130] 여기서, DATA_CALIBRATED는 노출시간이 보정된 태양 지상 관측 데이터를 의미하고, DATA_ORIGINAL은 원본 태양 지상 관측 데이터를 의미한다. EXPTIME은 기기 노출시간(sec)(예, 2.9008390)을 의미하고 단위는 sec이다. 예를 들어, 태양 지상 관측 데이터를 얻기 위하여 CCD를 2.9008390초 동안 노출할 수 있다. 원본 태양 지상 관측 데이터에서 픽셀값의 단위는 data number이다. 노출 시간(EXPTIME)은 기기와 데이터 파장마다 다르기 때문에 노출 시간으로 나누어 [data number/sec]로 단위를 통일시킨다.

[0131] 다음, 데이터 전처리부(210)는 위성의 관측 성능 노후화를 보정한다. 관측 기기의 민감도는 시간이 지남에 따라 점차 감소하는데 이를 보정하는 방법으로 시간에 따른 태양 광자 반응 함수를 사용한다. 태양 광자 반응 함수는 태양을 관측하는 기기의 파장에 따라 카메라 센서가 반응하는 광자 수에 대한 함수로서, 데이터의 관측값을 이론적 물리량으로 변환할 때 주로 사용된다.

[0132] 데이터 전처리부(210)는 도 8의 (A)와 같은 원본 태양 지상 관측 데이터를 태양 광자 반응 함수를 사용하여 도 8의 (B)와 같이 보정할 수 있다. 이를 수식화하면, 다음 수학식 10과 같다.

[0133] [수학식 10]

$$[0134] \text{DATA_DEGRADATION} = \text{DATA} \times \text{RATIO}$$

$$[0135] \text{RATIO} = \text{median}(\text{RESP_RATIO_OBS} / \text{RESP_RATIO_REF})$$

[0136] 수학식 10에서, DATA_DEGRADATION은 위성의 관측 성능 노후화가 보정된 태양 지상 관측 데이터를 의미한다. DATA는 보정전 원본 태양 지상 관측 데이터를 의미한다. RATIO는 태양 광자 반응 함수에 의한 보정값을 의미한다. RESP_RATIO_OBS는 데이터 관측 시의 태양 광자 반응 함수를 의미하고, REPP_RATIO_REF는 보정 기준시의 태양 광자 반응 함수를 의미한다. 여기서, median은 RESP_RATIO_OBS와 RESP_RATIO_REF의 중앙값을 출력하는 함수이다.

[0137] 다음, 데이터 전처리부(210)는 이미지 안에 태양 반지름과 사이즈를 단위 픽셀로 정규화하는 전처리를 수행한다.

[0138] 도 9의 (A)와 같이, 2014년 12월 29일 17:00:09[UT]에 관측된 태양 지상 관측 데이터를 도 9의 (B)와 같이, 2010년 3월 24일 00:00:00[UT]에 관측된 태양 지상 관측 데이터의 민감도로 보정할 수 있다. 즉, 데이터 전처리부(210)는 이미지 안에 태양 반지름을 392픽셀로 통일하고, 이미지 사이즈를 1024 × 1024 픽셀로 통일할 수 있다.

[0139] 데이터 전처리부(210)는 태양 반지름을 픽셀 단위로 나타낼 수 있는데, 이를 'RSUN 1626.2551'로 표현할 수 있다. RSUN은 태양 원본 이미지에서 태양 반지름의 길이이며 픽셀 단위로 나타낼 수 있으며, 예시 영상에서의 태양 반지름은 1626.2551 픽셀이다.

[0140] 지구는 태양을 타원 궤도로 공전하므로 4096 × 4096 영상에서 태양의 크기는 일정하지 않다. 데이터 전처리부(210)는 이미지 사이즈를 1024 × 1024로 축소하고 이미지 내의 태양 반지름도 392픽셀로 통일할 수 있다.

[0141] 원본 태양 지상 관측 데이터에서 태양의 반지름은 1626.2551 픽셀이다.

[0142] 실시예에 따르면, 태양 반지름과 이미지 사이즈를 변환하는 방법을 파이썬(Python) 언어로 구현한 프로그램 코드를 표 2와 같이 나타내었다.

표 2

[0143]

```
RATIO = RSUN_TARGET / RSUN
ISIZE_TMP = int(ISIZE * RATIO)
if ISIZE_TMP %2 == 0 :
    ISIZE_TMP += 1
DATA_TMP = FUNCTION_RESIZE(DATA, ISIZE_TMP)
ISIZE_DIF = ISIZE_TARGET - ISIZE_TMP
if ISIZE_DIF > 0 :
    PSIZE = ISIZE_DIF // 2
    DATA_NEW = FUNCTION_PADDING(DATA_TMP, PSIZE)
elif ISIZE_DIF < 0 :
    CSIZE = abs(ISIZE_DIF) // 2
    DATA_NEW = FUNCTION_CROPPING(DATA_TMP, CSIZE)
else :
    DATA_NEW = DATA_TMP

#DATA = 지상 관측한 태양 영상
#ISIZE = 지상 관측한 태양 영상의 크기
#ISIZE_TARGET = 목표로 하는 태양 영상의 크기
#RSUN = 지상 관측한 태양의 반지름
#RSUN_TARGET = 목표로 하는 태양의 반지름
#FUNCTION_RESIZE:: 내삽 기법을 이용하여 영상의 크기를 조절하는 함수, scikit-image 등의 라이브러리를 사용할 수 있음
#FUNCTION_PADDING = 영상에 padding을 주는 함수, numpy 등의 라이브러리를 사용할 수 있음
#FUNCTION_CROPPING = 영상을 잘라내는 함수.
#DATA_NEW = 태양 반지름 및 영상 크기가 보정된 태양 영상
```

[0144] 다시, 도 4를 참조하면, 생성부(G)(220)는 S102에서 전처리된 태양 지상 관측 데이터를 데이터 변환 모델을 통해 태양 위성 관측 데이터로 변환한다(S103).

[0145] 데이터 조정부(240)는 입력 지상 관측 데이터와 변환된 위성 관측 데이터의 실제 쌍과 가짜 쌍을 서로 다른 정해진 크기로 복수의 다운샘플링 수행한다(S104).

[0146] 판별부(D)(250, 251, 252, 253)는 다운샘플링된 실제 이미지 쌍과 가짜 이미지 쌍을 입력받아 입력받은 이미지 쌍이 가짜 인지 또는 실제 인지 판별하고, 실제 이미지 쌍일 확률을 출력한다(S105).

[0147] 학습부(110)는 판별부(D)(250, 251, 252, 253)가 출력하는 손실(L^G , L^{D_K})이 최소화되도록 생성부(G)(220)와 판별부(D)(250, 251, 252, 253)의 학습을 진행한다(S106).

[0149] 도 10은 실시예에 따른 위성 관측 데이터 생성 절차를 도시한다.

[0150] 도 10을 참조하면, 데이터 생성부(120)는 태양 지상 관측 데이터가 입력(S201)되면, 데이터 변환 모델의 데이터 전처리부(210) 및 생성부(G)(220)를 통해 태양 지상 관측 데이터에 대응하는 태양 위성 관측 데이터를 생성한다(S202). 이때, S202에서 출력된 태양 위성 관측 데이터에 대해 후처리를 수행할 수도 있다.

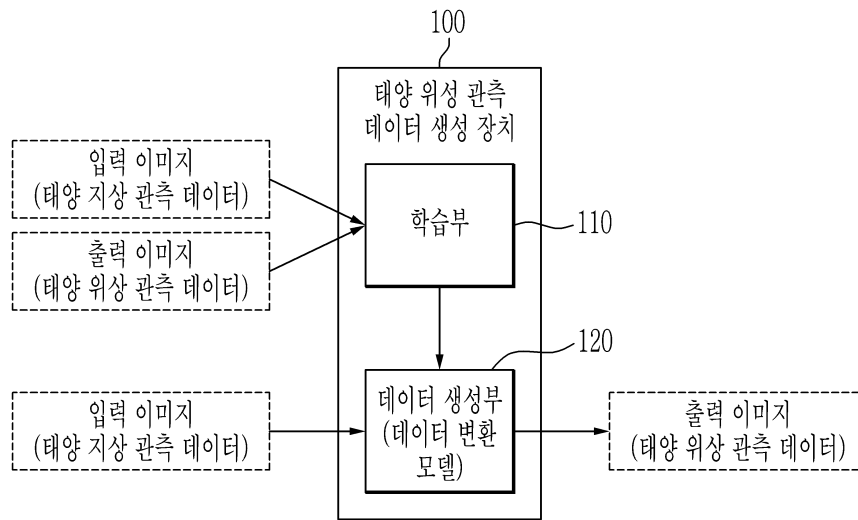
[0151] 이러한 과정을 통해, 데이터 생성부(120)는 위성 관측이 이루어지지 못한 과거에 측정된 태양 지상 관측 데이터를 학습된 데이터 변환 모델의 데이터 전처리부(210) 및 생성부(G)(220)에 입력하여 과거에 측정된 태양 지상

관측 데이터에 대응하는 과거의 태양 위성 관측 데이터를 생성할 수 있다.

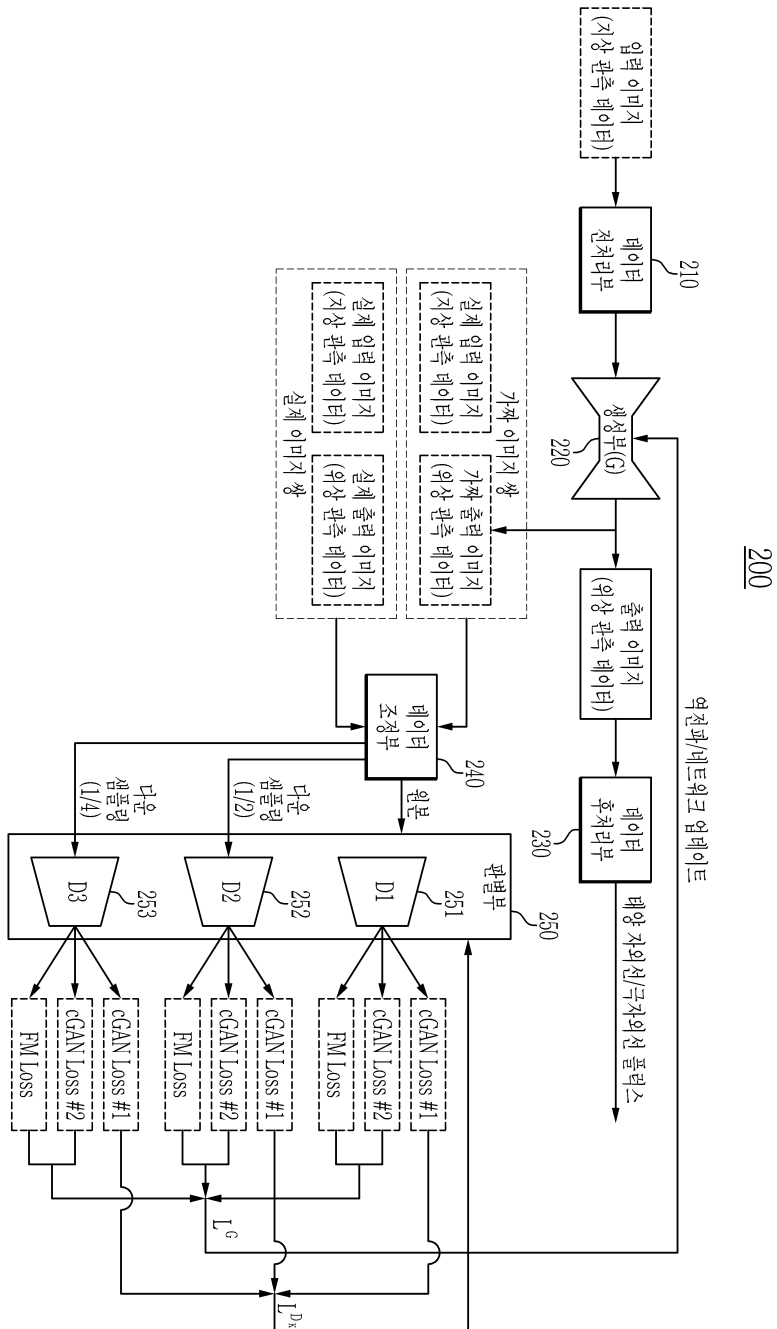
- [0153] 한편, 도 11은 실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도이다.
- [0154] 도 1 내지 도 10에서 설명한 위성 관측 데이터 생성 장치(100)는 컴퓨터 시스템, 예를 들어 컴퓨터 판독 가능 매체로 구현될 수 있다.
- [0155] 도 11을 참조하면, 적어도 하나의 프로세서에 의해 동작하는 컴퓨팅 장치(300)에서, 도 1 내지 도 10에서 설명한 본 발명의 동작을 실행하도록 기술된 명령들(instructions)이 포함된 프로그램을 실행할 수 있다.
- [0156] 컴퓨팅 장치(300)는 프로세서(310), 메모리(320), 입력 인터페이스 장치(330), 출력 인터페이스 장치(340), 네트워크 인터페이스(350) 및 저장 장치(360)를 포함하며, 이들은 버스(370)를 통해 통신할 수 있다.
- [0157] 프로세서(310)는 위의 도 1 내지 도 10을 토대로 설명한 방법들을 구현하도록 구성될 수 있다. 프로세서(310)는 중앙 처리 장치(Central Processing Unit, CPU)이거나, 또는 메모리(320) 또는 저장 장치(360)에 저장된 명령을 실행하는 반도체 장치일 수 있다.
- [0158] 메모리(320)는 프로세서(310)와 연결되고 프로세서(310)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장한다. 메모리(320)는 프로세서(310)에서 수행하기 위한 명령어를 저장하고 있거나 저장 장치(360)로부터 명령어를 로드하여 일시 저장할 수 있다. 프로세서(310)는 메모리(320)에 저장되어 있거나 로드된 명령어를 실행할 수 있다.
- [0159] 메모리는 ROM(Read Only Memory) 및 RAM(Random Access Memory)를 포함할 수 있다.
- [0160] 본 발명의 실시예에서 메모리(320)는 프로세서(310)의 내부 또는 외부에 위치할 수 있고, 메모리(320)는 이미 알려진 다양한 수단을 통해 프로세서(310)와 연결될 수 있다.
- [0161] 네트워크 인터페이스 장치(350)는 네트워크에 연결되어 신호를 송수신하도록 구성된다.
- [0162] 본 발명의 실시예들에서 개시된 시스템, 장치 및 방법은 다른 방식으로 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 개시된 장치 실시 예는 단지 예일 뿐이다. 예를 들어, 시스템의 처리 장치의 구분은 단지 논리적인 기능 구분이며, 실제로 구현하는 동안 다른 구분이 될 수 있다. 예를 들어, 다수의 장치 또는 구성 요소가 결합되거나 다른 시스템에 통합되거나 일부 기능이 무시되거나 수행되지 않을 수 있다.
- [0163] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 방법을 수행하도록 구성된 장치들은 하나의 장치에 통합되거나, 장치들 각각은 물리적으로 단독으로 존재할 수도 있고, 또는 둘 이상의 장치가 하나의 장치로 통합될 수도 있다. 전술한 실시예들에서 기술된 방법을 수행하도록 구성된 장치는 하드웨어의 형태로 구현될 수 있거나 소프트웨어 기능 유닛의 형태로 구현될 수 있다.
- [0165] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다.
- [0166] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

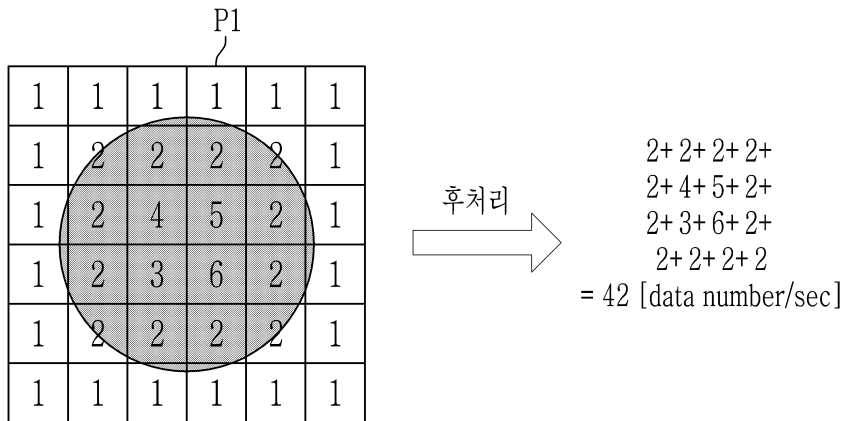
도면1



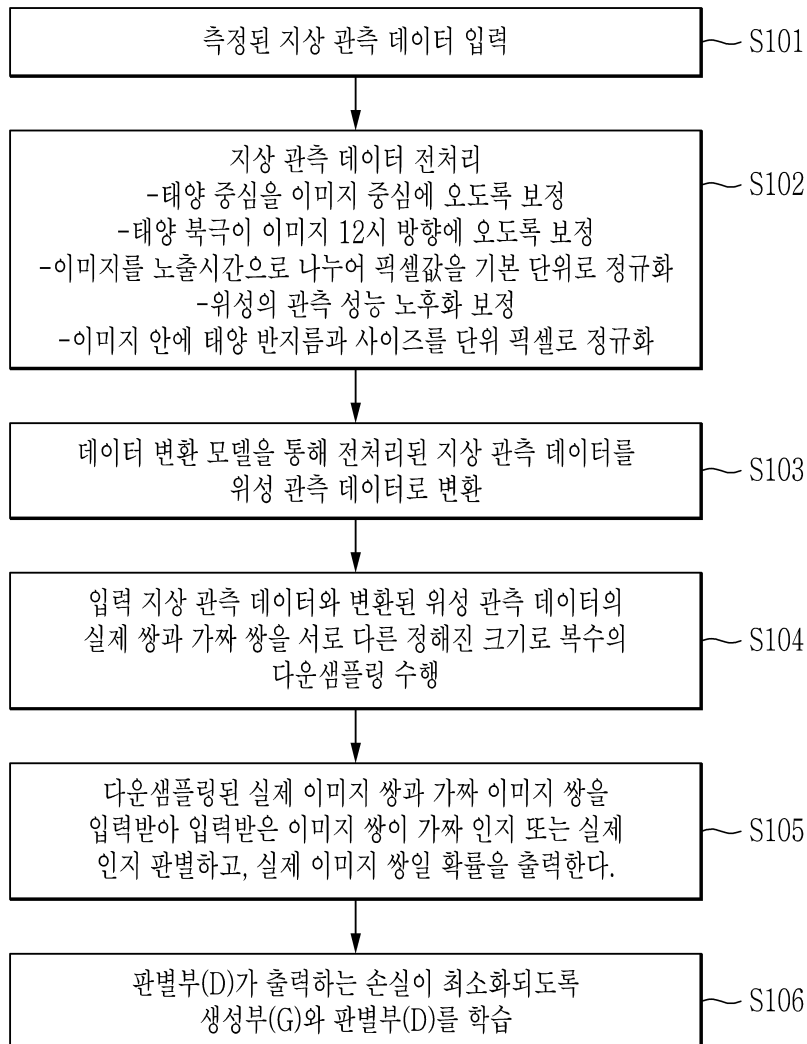
도면2



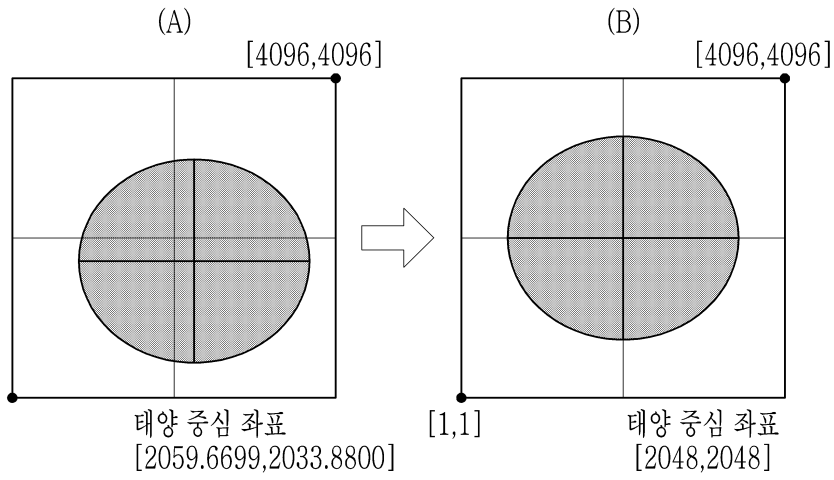
도면3



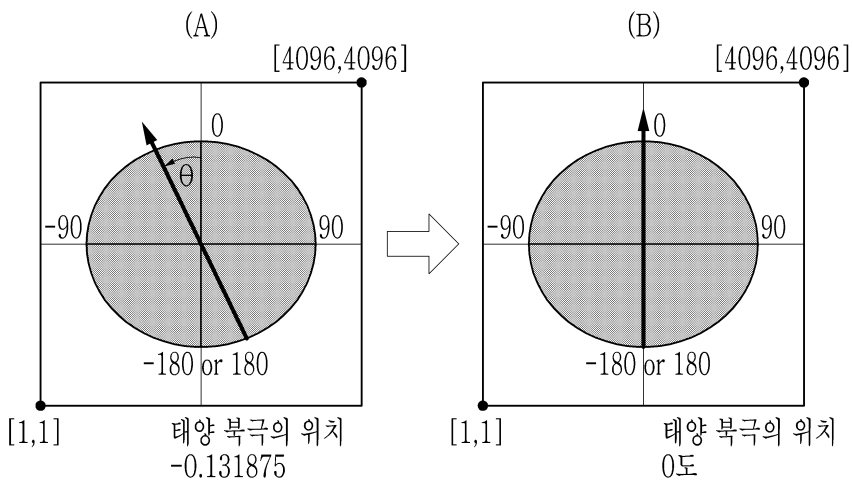
도면4



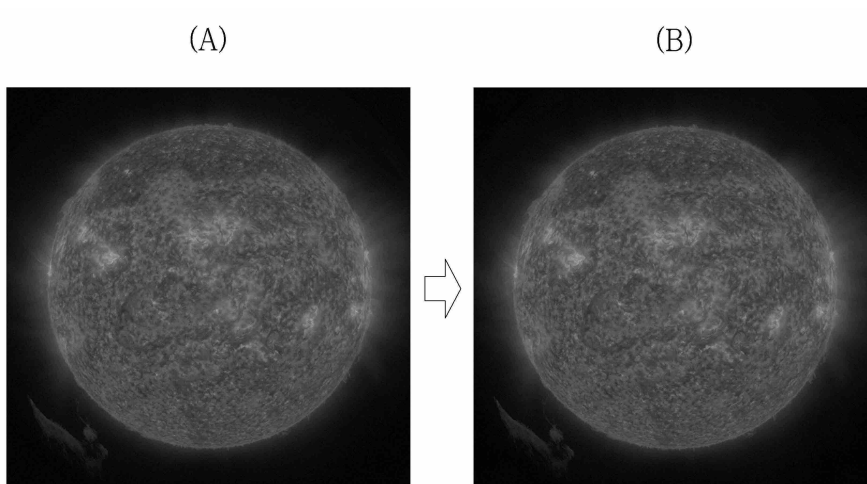
도면5



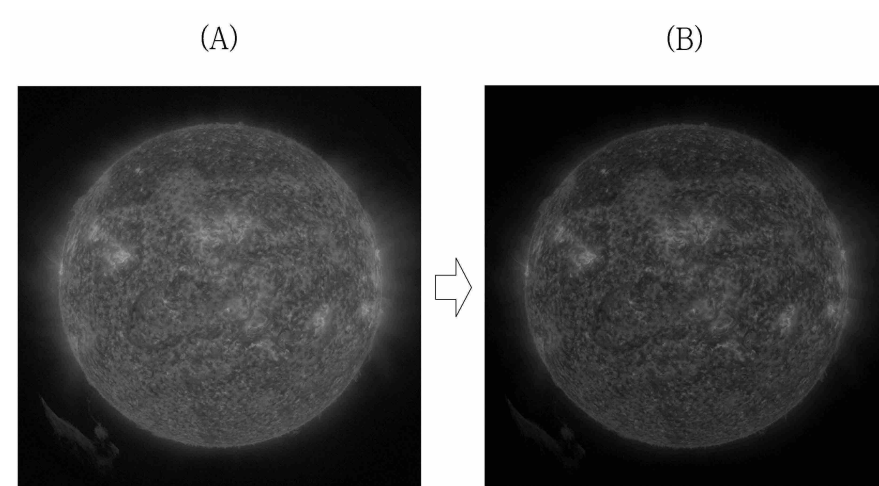
도면6



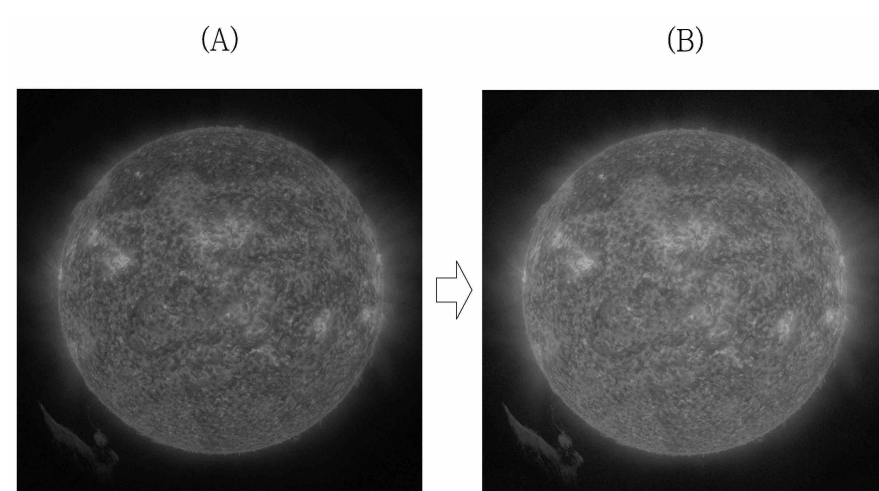
도면7



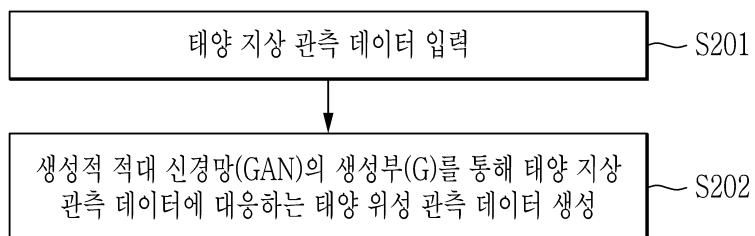
도면8



도면9



도면10



도면11

