



등록특허 10-2573387



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월04일
(11) 등록번호 10-2573387
(24) 등록일자 2023년08월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/55 (2014.01) G01N 21/17 (2006.01)
G01N 21/84 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)
- (52) CPC특허분류
G01N 21/55 (2013.01)
G01N 21/84 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0138622
(22) 출원일자 2022년10월25일
심사청구일자 2022년10월25일
- (56) 선행기술조사문헌
정대성, 'DNN을 활용한 6SV LUT 불연속면 개선 연구: KOMPSAT-3/3A 기반으로' (부경대학교 대학원 공간정보시스템공학과, 2021.02.28.) pp1~51.*
한경수 외 7, 'Improvements of 6S Look-Up-Table Based Surface Reflectance Employing Minimum Curvature Surface Method' (Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences (2020), 2020.01.08.) pp 235~248.*
논문: ASIA PACIFIC JOURNAL OF ATMOSPHERIC SCIENCES
논문: MASTER OF ENGINEERING
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
대한민국(산업청 국립산림과학원장)
서울특별시 동대문구 회기로 57 (청량리동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
- (72) 발명자
임정호
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
강유진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 5 항

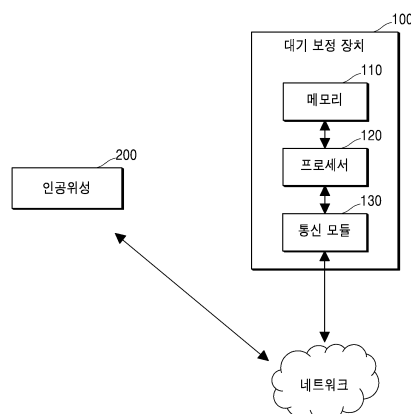
심사관 : 장일석

(54) 발명의 명칭 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램

(57) 요약

본 발명은 인공 위성의 영상에 대하여 효과적으로 대기 보정을 수행할 수 있는 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 위하여, 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 대기 보정 방법에 있어서, 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득하는 단계, 미리 저장된 조건표로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득하는 단계, 및 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출하는 단계를 포함하는, 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 20/00 (2021.08)

G01N 2021/1765 (2013.01)

G01N 2021/1793 (2013.01)

G01N 2201/127 (2013.01)

G06T 2207/10032 (2013.01)

(72) 발명자

조동진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

한대현

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

임중빈

서울특별시 동대문구 회기로 57

김정민

서울특별시 동대문구 회기로 57

원명수

서울특별시 동대문구 회기로 57

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1405005671

과제번호 2020179C10-2222-BB01

부처명 산림청

과제관리(전문)기관명 한국임업진흥원

연구사업명 신기후체제대응연구

연구과제명 농림위성 발사 전 영상 검보정 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 [사단]대한원격탐사학회

연구기간 2020.04.01 ~ 2022.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 대기 보정 방법에 있어서,
 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득하는 단계;
 미리 저장된 조건표로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득하는 단계; 및
 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출하는 단계를 포함하고,
 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는,
 미리 설정된 대기 보정 파라미터를 기초로 복사전달모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 산출하는 단계; 및
 상기 대기 보정 파라미터에 대응하는 상기 대기 보정 계수가 룩업테이블로 표현된 상기 조건표를 생성하는 단계를 포함하고,
 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는, 상기 조건표를 기초로 미리 학습된 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계를 포함하고,
 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계는,
 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 독립 변수로 설정하고 3개의 대기 보정 계수를 종속 변수로 설정하는 단계; 및
 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계를 포함하고,
 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계는, 상기 조건표에 나타나있지 않은 상기 대기 보정 파라미터에 대하여 5개 밴드(R, G, B, Red edge, NIR) 각각에 대해서 상기 3개의 대기 보정 계수를 추정하는 15개의 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 3개의 대기 보정 계수를 추정하는 단계를 포함하는, 대기 보정 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1 항에 있어서,
 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 기초로 3개의 대기 보정 계수를 획득하는 단계인, 대기 보정 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

컴퓨팅 장치를 이용하여 제1 항 및 제3 항 중 어느 한 항의 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 7

프로세서;를 포함하고,

상기 프로세서는, 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득하고, 미리 저장된 조건표로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득하고, 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출하고,

상기 프로세서는, 미리 설정된 대기 보정 파라미터를 기초로 복사전달모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 산출하고, 상기 대기 보정 파라미터에 대응하는 상기 대기 보정 계수가 룩업테이블로 표현된 상기 조건표를 생성하고,

상기 프로세서는, 상기 조건표를 기초로 미리 학습된 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하고,

상기 프로세서는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 독립 변수로 설정하고 3개의 대기 보정 계수를 종속 변수로 설정하고, 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하고,

상기 조건표에 나타나있지 않은 상기 대기 보정 파라미터에 대하여 5개 밴드(R, G, B, Red edge, NIR) 각각에 대해서 상기 3개의 대기 보정 계수를 추정하는 15개의 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 3개의 대기 보정 계수를 추정하는, 대기 보정 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7 항에 있어서,

상기 프로세서는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 기초로 3개의 대기 보정 계수를 획득하는, 대기 보정 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 농지 및 산림에서의 원격 탐사를 위해서 농림 위성(차세대 중형 위성 4호)이 발사 예정에 있으며, 위성 영상으로부터 지상에서의 정보를 얻기 위해서는 대기 보정을 통한 지표 반사도 취득이 선행 되어야하므로 농림 위성을 위한 대기 보정 기술 개발이 필요하다.

[0003] 대기 보정은 위성 영상에서 관측된 대기 상한 반사도로부터 복사전달모델을 이용하여 대기 효과를 제거하여 지표에서의 신호를 얻는 과정을 의미하며, 복사전달모델을 통한 대기 보정은 다양한 대기 조건으로 인하여 방대한 변수를 고려 해주기 위해서 엄청난 계산량과 시간이 소모된다는 한계점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 인공 위성의 영상에 대하여 효과적으로 대기 보정을 수행할 수 있는 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 발명의 일 관점에 따르면, 컴퓨팅 장치에 의해 수행되는 대기 보정 방법에 있어서, 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득하는 단계, 미리 저장된 조건표로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득하는 단계, 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출하는 단계를 포함하는, 대기 보정 방법이 제공된다.
- [0006] 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는, 미리 설정된 대기 보정 파라미터를 기초로 복사전달모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 산출하는 단계, 및 상기 대기 보정 파라미터에 대응하는 상기 대기 보정 계수가 특업테이블로 표현된 상기 조건표를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0007] 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 기초로 3개의 대기 보정 계수를 획득하는 단계일 수 있다.
- [0008] 상기 대기 보정 계수를 획득하는 단계는, 상기 조건표를 기초로 미리 학습된 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 독립 변수로 설정하고 3개의 대기 보정 계수를 종속 변수로 설정하는 단계, 및 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일 관점에 따르면, 컴퓨터를 이용하여 상술한 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.
- [0011] 본 발명의 일 관점에 따르면, 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득하고, 미리 저장된 조건표로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득하고, 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출하는, 대기 보정 장치가 제공된다.
- [0012] 상기 프로세서는, 미리 설정된 대기 보정 파라미터를 기초로 복사전달모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 산출하고, 상기 대기 보정 파라미터에 대응하는 상기 대기 보정 계수가 특업테이블로 표현된 상기 조건표를 생성할 수 있다.
- [0013] 상기 프로세서는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 기초로 3개의 대기 보정 계수를 획득할 수 있다.
- [0014] 상기 프로세서는, 상기 조건표를 기초로 미리 학습된 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정할 수 있다.
- [0015] 상기 프로세서는, 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 독립 변수로 설정하고 3개의 대기 보정 계수를 종속 변수로 설정하고, 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 상기 머신 러닝 모델을 이용하여 상기 대기 보정 계수를 추정할 수 있다.
- [0016] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점은 이하의 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용, 청구범위 및 도면으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

- [0017] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 인공 위성의 영상에 대하여 효과적으로 대기 보정을 수행할 수 있는 대기 보정 방법, 대기 보정 장치 및 상기 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램을 구현할 수 있다. 물론 이러한 효과에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 장치의 구성 및 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 계수를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 지표면 반사도를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 방법을 보여주는 순서도이다.
- 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표를 이용하여 대기 보정 계수를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 지표면 반사도를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.
- [0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0021] 이하의 실시예에서, 제1 이나 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라, 일 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다. 그리고 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 배제하는 것은 아니다.
- [0022] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.
- [0023] 이하의 실시예에서, 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등의 부분이 다른 부분 위에 또는 상에 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다. 그리고 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈 등이 연결되었다고 할 때, 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈들이 직접적으로 연결된 경우뿐만 아니라 영역, 구성요소, 부, 블록 또는 모듈들 중간에 다른 영역, 구성 요소, 부, 블록 또는 모듈들이 개재되어 간접적으로 연결된 경우도 포함한다.
- [0024] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 여러 실시예에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 장치의 구성 및 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 장치(100)는 메모리(110), 프로세서(120) 및 통신 모듈(130)을 포함할 수 있다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 대기 보정 장치(100)는 다른 구성요소를 더 포함할 수도 있고 일부 구성요소가 생략될 수도 있다. 대기 보정 장치(100)의 일부 구성요소는 복수의 장치로 분리될 수도 있고, 복수개의 구성요소들이 하나의 장치로 병합될 수도 있다. 또한, 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 장치(100)는 인공 위성(200)과 네트워크로 연결되어 서로 데이터를 주고 받을 수 있다.
- [0027] 메모리(110)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록 매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 또한, 메모리(110)에는 대기 보정 장치(100)를 제어하기 위한 프로그램 코드 및 미리 학습된 머신 러닝 모델이 일시적 또는 영구적으로 저장될 수 있다.
- [0028] 프로세서(120)는 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 미리 저장된 조건표

로부터 상기 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 상기 위성 이미지 및 상기 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출할 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 상기 지표면 반사도를 기초로 상기 위성 이미지에 대하여 대기 보정을 수행할 수 있다.

[0029] 통신 모듈(130)은 네트워크를 통해 외부 장치와 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 대기 보정 장치(100)의 프로세서(120)가 메모리(110)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이 통신 모듈(130)의 제어에 따라 네트워크를 통해 외부 장치로 전달될 수 있다. 역으로, 외부 장치의 프로세서의 제어에 따라 제공되는 제어 신호나 명령, 콘텐츠, 파일 등이 네트워크를 거쳐 통신 모듈(130)을 통해 대기 보정 장치(100)로 수신될 수 있다. 예를 들어 통신 모듈(130)을 통해 수신된 외부 장치의 제어 신호나 명령 등은 프로세서(120)나 메모리(110)로 전달될 수 있다.

[0030] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크는 버스 네트워크, 스타 네트워크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0031] 또한, 통신 모듈(130)은 외부 서버와 네트워크를 통해 통신할 수 있다. 통신 방식은 제한되지 않지만, 네트워크는 근거리 무선통신망일 수 있다. 예를 들어, 네트워크는 블루투스(Bluetooth), BLE(Bluetooth Low Energy), Wifi 통신망일 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명에 따른 대기 보정 장치(100)는 입출력 인터페이스를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스는 입출력 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 키보드 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 어플리케이션의 통신 세션을 표시하기 위한 디스플레이와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 보다 구체적인 예로, 대기 보정 장치(100)의 프로세서(120)는 메모리(110)에 로딩된 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리함에 있어서 외부 서버가 제공하는 데이터를 이용하여 구성되는 서비스 화면이나 콘텐츠가 입출력 인터페이스를 통해 디스플레이에 표시될 수 있다.

[0033] 또한, 다른 실시예들에서 대기 보정 장치(100)는 도 1의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 상술한 입출력 장치 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 내부 구성요소들에 전력을 공급하는 배터리 및 충전 장치, 각종 센서, 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 계수를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 계수 산출 방법(300)이 도시되어 있다.

[0036] 위성 영상에서 지표 반사도를 취득하기 위해서는 복사전달모델을 통하여 대기에 의한 산란 및 흡수 효과를 제거할 수 있다. 복사전달모델은 위성 센서의 분광 반응 함수와 대기 조건 등을 이용하여 지표 반사도를 계산할 수 있는 모델이다. 주어진 위성 관측 및 환경 조건을 모두 고려하여 대기 보정을 진행하기에는 상당한 시간이 소요되므로 주로 복사전달모델을 통하여 미리 구축된 조건표를 이용하여 대기 보정을 수행할 수 있다. 예컨대, 복사전달모델로는 MODTRAN(MODerate resolution atmospheric TRANsmision), 6SV가 있다. 6SV는 6S 복사전달모델에서 편광 효과를 계산할 수 있도록 개선된 모델로서 successive orders of scattering 방법을 통하여 복사전달 방정식을 풀어가며, 0.3-4 μm 파장 범위를 2.5 nm 분광해상도 단위로 구분하여 모의할 수 있다. 특히 6SV는 Py6S 라이브러리를 통하여 python 환경에서 6SV를 구현할 수 있도록 잘 구축되어 있어 사용이 편리하다

[0037] 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 계수 산출 방법(300)은 조건표 구축 방법(310)과 조건표 내삽 방법(330)을 포함할 수 있다.

[0038] 예를 들어, 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표 구축 방법(310)은 복사전달모델 기반의 대기 보정 과정을 간소화하고 빠르게 지표면 반사도를 산출하기 위해서 미리 다양한 대기 조건에 따른 복사전달모델 결과를 계산하여 복사전달모델을 구동 시키지 않아도 대기 조건에 따라 미리 계산된 값을 추출해낼 수 있도록 조건표(317)를 구축할 수 있다.

[0039] 조건표(317)는 대기 보정 파라미터(313)마다 특정 범위 내에서 일정한 값들의 조합으로 구축되었으며, 만일 표

에 드러나있지 않은 대기 보정 파라미터값(333)을 가질 경우에는 내삽기법(335)으로부터 대기 보정 계수(337)를 추정할 수 있다.

[0040] 내삽기법(335)으로는 가장 간단한 다중선형회귀 방식과 기계학습 방식을 사용할 수 있으며, 대기 보정 파라미터(333)와 대기 보정 계수 (337)사이의 비선형적인 관계가 있기 때문에 기계 학습(LightGBM)을 사용한 방식이 가장 빠르고 높은 정확도를 가지는 장점이 있다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 지표면 반사도를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 지표면 반사도 산출 과정이 도시되어 있다.

[0043] 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 위성 이미지(31)의 대기상한 복사휘도(TOA (Top of Atmosphere) radiance)를 이용하여 지표면 반사도(BOA (Bottom of Atmosphere) reflectance)(33)를 취득하는 과정은 아래 식을 활용할 수 있으며, 3가지 대기 보정 계수(32) x_a , x_b , x_c 가 필요하다.

$$TOC\ reflectance = \frac{x_a \times TOA\ radiance(Wm^{-2}um^{-1}sr^{-1}) - x_b}{1 + x_c \times (x_a \times TOA\ radiance(Wm^{-2}um^{-1}sr^{-1}) - x_b)}$$

x_a : The inverse of the transmittance

x_b : The scattering term of the atmosphere

x_c : Spherical albedo (atmospheric reflectance for isotropic light

[0044]

[0045] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 방법을 보여주는 순서도이다.

[0046] 도 4를 참조하면, 단계 S110에서, 프로세서(120)는 인공 위성으로부터 위성 이미지를 획득할 수 있다.

[0047] 단계 S120에서, 프로세서(120)는 미리 저장된 조건표로부터 위성 이미지의 획득 시점에 대응하는 대기 보정 계수를 획득할 수 있다.

[0048] 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(120)는 미리 설정된 대기 보정 파라미터를 기초로 복사전달모델을 이용하여 대기 보정 계수를 산출할 수 있다. 예컨대, 복사전달모델로는 MODTRAN(MODerate resolution atmospheric TRANsmission), 6SV가 사용될 수 있다. 또한, 프로세서(120)는 대기 보정 파라미터에 대응하는 대기 보정 계수가 룩업테이블로 표현된 조건표를 생성할 수 있다.

[0049] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(120)는 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 기초로 3개의 대기 보정 계수를 획득할 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(120)는 조건표를 기초로 미리 학습된 머신 러닝 모델을 이용하여 대기 보정 계수를 추정할 수 있다.

[0051] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세서(120)는 미리 설정된 7개의 대기 보정 파라미터를 독립 변수로 설정하고 3개의 대기 보정 계수를 종속 변수로 설정할 수 있다 또한, 프로세서(120)는 상기 독립 변수 및 상기 종속 변수를 기초로 머신 러닝 모델을 이용하여 대기 보정 계수를 추정할 수 있다.

[0052] 단계 S130에서, 프로세서(120)는 위성 이미지 및 대기 보정 계수를 기초로 지표면 반사도를 산출할 수 있다.

[0053] 단계 S140에서, 프로세서(120)는 지표면 반사도를 기초로 위성 이미지에 대하여 대기 보정을 수행할 수 있다.

[0054] 도 5 내지 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표를 이용하여 대기 보정 계수를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0055] 먼저, 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표가 도시되어 있다. 예를 들어, 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표는 각 대기 보정 파라미터 값에 대응하는 대기 보정 계수 값 x_a , x_b , x_c 로 주어질 수 있다. 예를 들어, 위성 이미지 획득 시점의 대기 보정 파라미터가 네모 박스(61)의 값과 같다면 해당 대기 보정 파라미터 값에 대응하는 x_a , x_b , x_c 값을 확인할 수 있다.

[0056] 3개의 대기 보정 계수(x_a , x_b , x_c)는 복사전달모델과 대기 보정 파라미터를 이용하여 구할 수 있으나 상당한 계산량과 시간이 소요된다. 따라서, 조건표 제작의 목적은 대기 보정 파라미터 조건에 따른 대기 보정 계수(x_a , x_b , x_c)를 미리 복사전달모델을 이용하여 계산해 두고, 테이블(Look up table)로 정리하는 것이다. 이후에는 복

사전달모형을 이용하여 계산하지 않고 테이블에서 찾아서 바로 대기 보정 계수를 획득할 수 있다.

- [0057] 예를 들어, 7개의 대기 보정 파라미터(SZA (Satellite zenith angle), VZA (Viewing zenith angle), RAA (Relative azimuth angle), WV (Water vapor), O3 (Ozone), AOD (Aerosol optical depth), DEM (Digital elevation map))를 이용하여 복사전달모형을 구동하면 대기 보정 계수 x_a , x_b , x_c 를 얻을 수 있고, 이를 테이블의 형태로 저장할 수 있다.
- [0058] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 파라미터에 대한 설명이 도시되어 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 파라미터는 3개의 위성 데이터(51)와 4개의 외부 데이터(53)를 포함하여 총 7개의 대기 보정 파라미터를 포함할 수 있다.
- [0059] 7개의 대기 보정 파라미터(SZA, VZA, RAA, WV, O3, AOD, DEM)를 이용하여 R (Red), G (Green), B (Blue), Red edge, NIR (Near infrared) 5개 밴드별로 x_a , x_b , x_c 3개의 대기 보정 계수에 대한 조건표가 구축될 수 있다. 조건표는 밴드별로 각각 만들어져야 하므로 총 5개의 조건표가 구축될 수 있다. 예컨대, 도 6에 도시된 바와 같이, 대기 보정 파라미터의 범위 및 구간 설정은 농림 위성과 유사한 분광 스펙을 가진 Sentinel-2 위성과 우리나라 대기환경을 잘 반영할 수 있는 KOMPSAT-3 위성 영상 대기 보정 조건표를 참고하였다.
- [0060] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 조건표 내삽을 위한 머신 러닝 모델의 학습을 위한 조건표가 도시되어 있다.
- [0061] 대기 보정 파라미터는 미리 구축된 조건표 상의 이상적인 값을 가지기보다 수없이 많은 값을 가질 수 있으므로 이를 내삽할 방법이 필요하며, 본 발명에서는 머신 러닝을 활용하였다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 머신 러닝 모델은 미리 구축된 조건표를 사용하여 만들어질 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 독립 변수(71)는 총 7개의 대기 보정 파라미터(SZA, VZA, RAA, WV, AOD, O3, DEM)이며, 대기 보정 계수 x_a , x_b , x_c 가 각각 종속 변수(72, 73, 74)로 사용될 수 있다. 즉, x_a , x_b , x_c 를 추정하는 3개의 머신 러닝 모델이 각각 5개 밴드(R, G, B, Red edge, NIR)에 대해서 총 15개의 모델이 생성될 수 있다.
- [0063] 이를 통해서 미리 구축된 조건표에 나타나있지 않은 대기 보정 파라미터 값이 입력으로 주어져도 머신 러닝 모델이 자체적으로 대기 보정 계수 x_a , x_b , x_c 를 추정할 수 있다.
- [0064] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 지표면 반사도를 산출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0065] 머신 러닝 모델(83)에 독립 변수로 사용되는 대기 보정 파라미터(82)의 종류는 총 7개 (SZA, VZA, RAA, WV, AOD, O3, DEM)일 수 있다. 예를 들어, 3개의 위성 자체 취득 값 SZA, VZA, RAA와, 4개의 외부 취득 값 WV, AOD, O3, DEM를 포함할 수 있다. 예를 들어, 위성 자체 취득값은 위성 이미지에서 바로 추출 가능하며, 외부 취득값 중 O3와 DEM은 시간에 따라 변하지 않는 고정값을 사용할 수 있다. 예컨대, 외부 취득값 중 WV, AOD는 천리안 위성으로부터 수급될 수 있다.
- [0066] 머신 러닝 모델(83)을 통해 대기 보정 계수 x_a , x_b , x_c (84)가 구해지면 아래 식을 통하여 위성 이미지(81)로부터 지표면 반사도(85)를 산출할 수 있다.

$$TOC\ reflectance = \frac{x_a \times TOA\ radiance(Wm^{-2}um^{-1}sr^{-1}) - x_b}{1 + x_c \times (x_a \times TOA\ radiance(Wm^{-2}um^{-1}sr^{-1}) - x_b)}$$

x_a : The inverse of the transmittance

x_b : The scattering term of the atmosphere

x_c : Spherical albedo (atmospheric reflectance for isotropic light

- [0067]
- [0068] 조건표 제작 후에는 대기 보정이 필요한 위성 영상과 대기 보정 파라미터들만을 이용하여 미리 구축된 기계학습 모델을 이용하여 빠르게 지표 반사도를 계산할 수 있다.
- [0069] 현재 대기 보정 계수 x_a , x_b , x_c 에 대한 룩업테이블을 구축하고, 기계학습 기법을 통하여 내삽하여 얻은 대기 보정 계수를 위의 식에 적용하여 지표면 반사도를 계산할 수 있다.

- [0070] 도 9 및 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 대기 보정 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0071] 도 9 및 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 보정된 위성 이미지와 지표면 반사도가 도시되어 있다.
- [0072] 대기 보정 결과 반사도가 0-1 사이의 값으로 잘 보정된 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 반사도가 낮은 물과 식생에서 값이 낮고, 나지와 도심지에서 높은 값이 보존되고 있다.
- [0073] 이상에서 설명된 장치 및/또는 시스템은, 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로 컴퓨터, 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 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 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 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0074] 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(embodiment)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.
- [0075] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 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.
- [0076] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 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.
- [0077] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

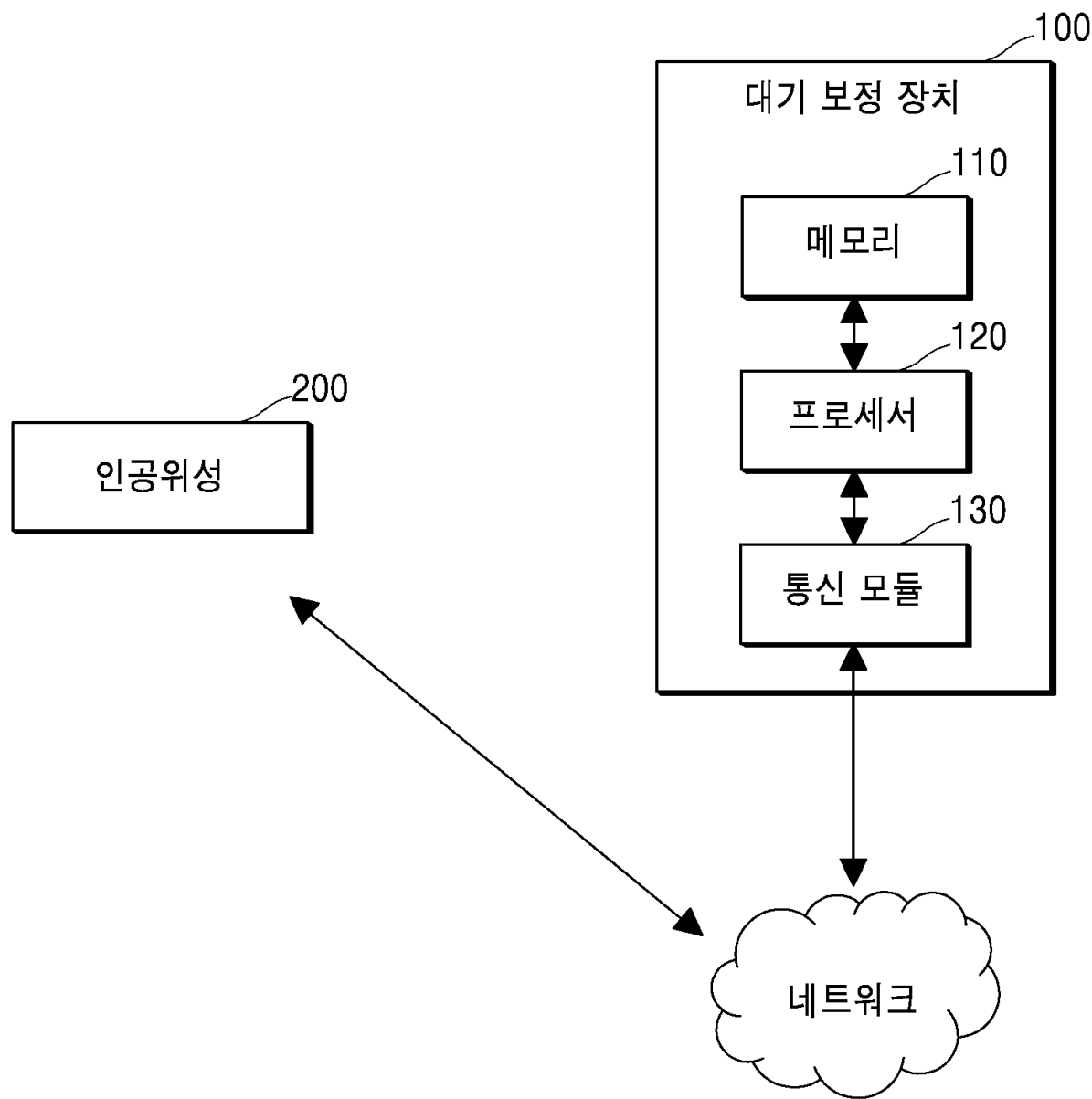
부호의 설명

- [0078] 100: 대기 보정 장치
- 110: 메모리

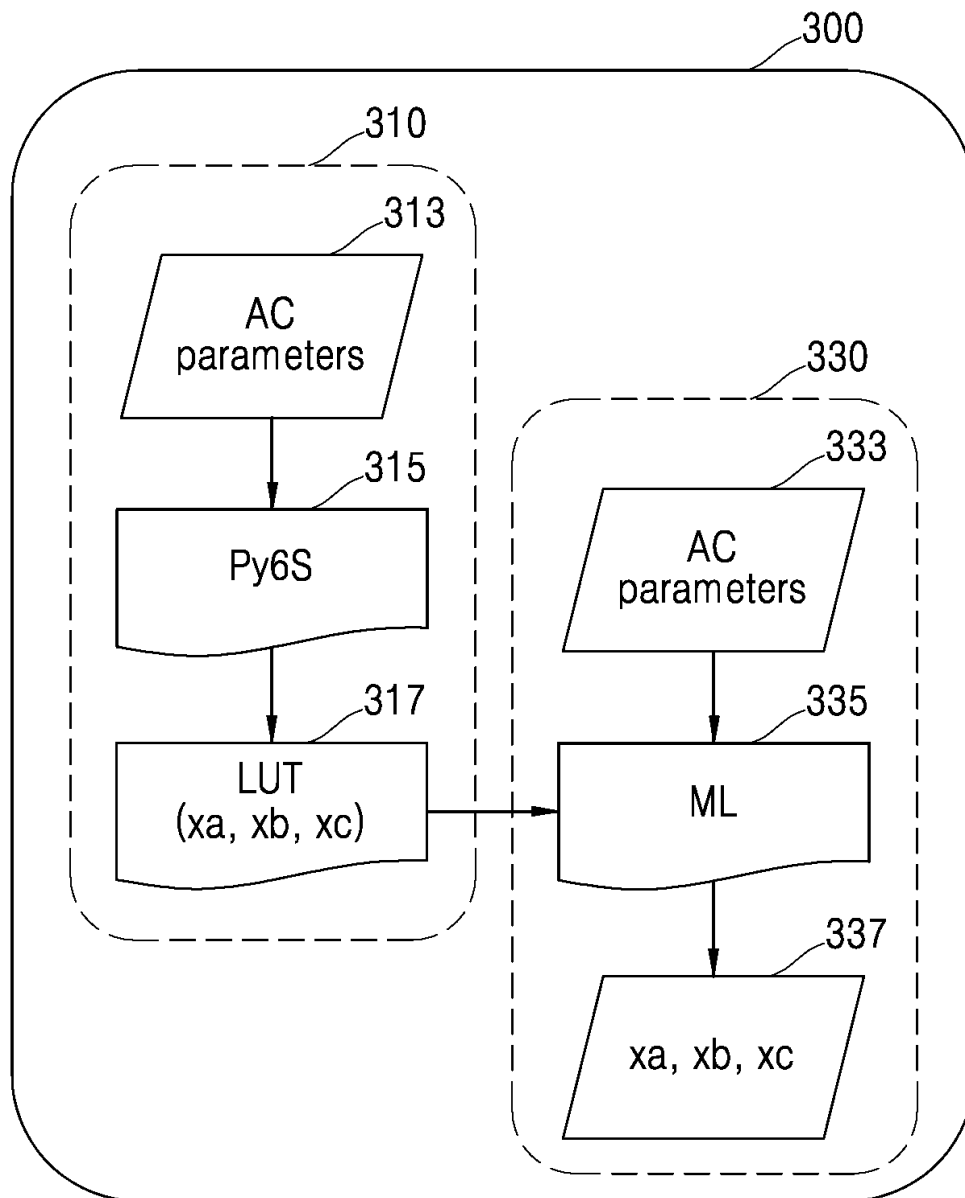
120: 프로세서
130: 통신 모듈
200: 인공 위성

도면

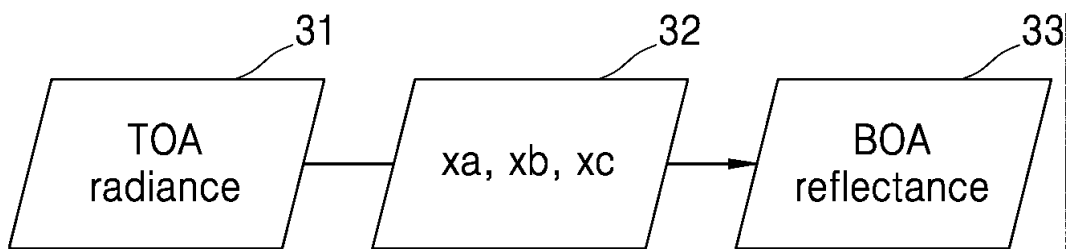
도면1



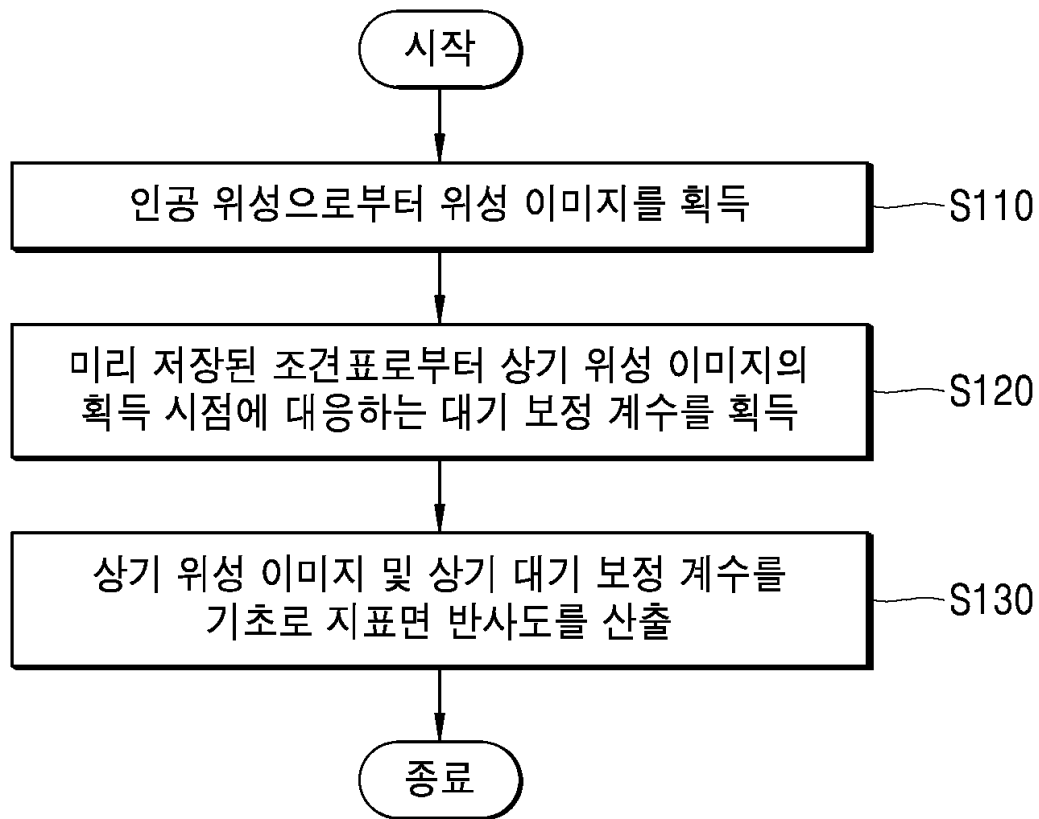
도면2



도면3



도면4



Parameter	Range	Interval	# of cases
Solar Zenith Angle (SZA)	0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70°	5°	15
Viewing Zenith Angle (VZA)	0~30°	10°	4
Relative Azimuth Angle (RAA)	0~180°	20°	10
Water Vapor (WV)	0~4 g/cm ²	1 g/cm ²	5
Ozone (O ₃)	300~350 DU	50 DU	2
Aerosol Optical Depth (AOD)	0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18, 0.20, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5		24
Elevation (DEM)	0~1800 m	300 m	7

도면5

53

SZA	VZA	RAA	WV	O3	AOD	DEM	xa	xb	xc
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	300	0	0	0.00185	0.06963	0.12241
0	0	0	0	300	0	300	0.00184	0.06686	0.11886
0	0	0	0	300	0	600	0.00183	0.06419	0.11538
0	0	0	0	300	0	900	0.00182	0.06162	0.11196
0	0	0	0	300	0	1200	0.00181	0.05915	0.10861
0	0	0	0	300	0	1500	0.00181	0.05676	0.10532
0	0	0	0	300	0	1800	0.0018	0.05447	0.1021
0	0	0	0	300	0.02	0	0.00187	0.07125	0.12622
0	0	0	0	300	0.02	300	0.00186	0.06935	0.12276
0	0	0	0	300	0.02	600	0.00185	0.06666	0.11937
0	0	0	0	300	0.02	900	0.00184	0.06406	0.11605
0	0	0	0	300	0.02	1200	0.00183	0.06156	0.11279
0	0	0	0	300	0.02	1500	0.00182	0.05915	0.1096
0	0	0	0	300	0.02	1800	0.00181	0.05683	0.10647

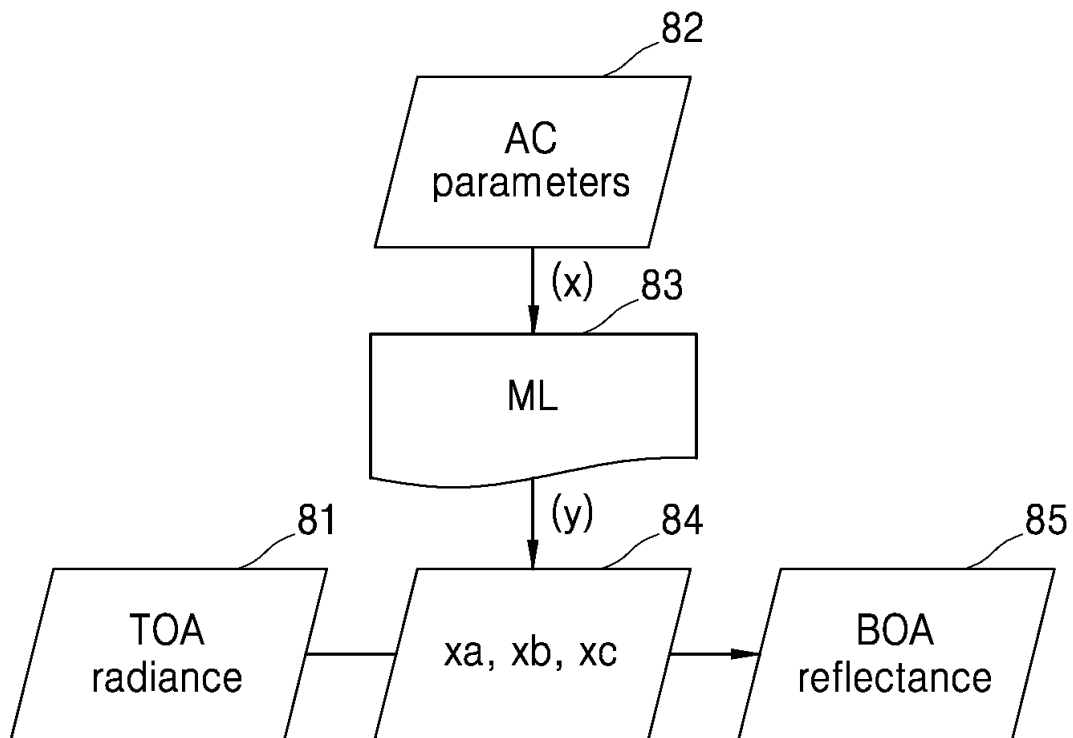
도면6

61

도면7

71							72		73	74
SZA	VZA	RAA	WV	O3	AOD	DEM	xa	xb	xc	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	300	0	0	0.00185	0.06963	0.12241	
0	0	0	0	300	0	300	0.00184	0.06686	0.11886	
0	0	0	0	300	0	600	0.00183	0.06419	0.11538	
0	0	0	0	300	0	900	0.00182	0.06162	0.11196	
0	0	0	0	300	0	1200	0.00181	0.05915	0.10861	
0	0	0	0	300	0	1500	0.00181	0.05676	0.10532	
0	0	0	0	300	0	1800	0.0018	0.05447	0.1021	
0	0	0	0	300	0.02	0	0.00187	0.07125	0.12622	
0	0	0	0	300	0.02	300	0.00186	0.06935	0.12276	
0	0	0	0	300	0.02	600	0.00185	0.06666	0.11937	
(x)							(y1)	(y2)	(y3)	

도면8



도면9



도면10

대상지	대기보정 전 (Radiance)		대기보정 후 (Reflectance)	
도심지	Red	2585	Red	0.1883
	Green	2670	Green	0.1410
	Blue	2387	Blue	0.1636
식생	Red	440	Red	0.0196
	Green	860	Green	0.0156
	Blue	750	Blue	0.0110
나지	Red	3155	Red	0.3268
	Green	2206	Green	0.2088
	Blue	2546	Blue	0.1809