



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0099356
(43) 공개일자 2018년09월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/31 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 21/3103 (2013.01)

G01N 2021/3129 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0026719

(22) 출원일자 2017년02월28일

심사청구일자 2017년02월28일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자

이한림

부산광역시 해운대구 세실로 138, 302동 1406호(
좌동, 롯데3차아파트)

홍현기

부산광역시 남구 용소로13번길 107-4, 103호(대연
동, 킹덤빌)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 8 항

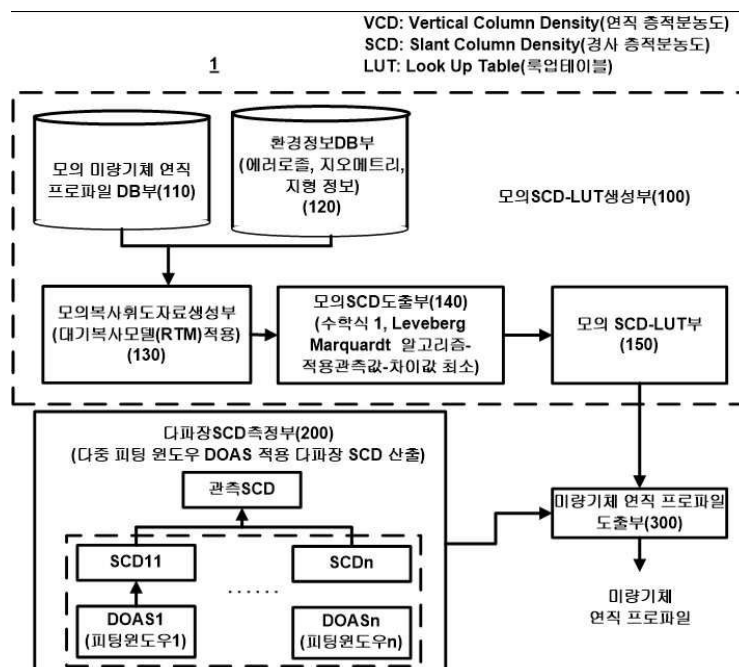
(54) 발명의 명칭 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 위성에 장착된 후 다파장 초분광 관측기법을 적용하여 기 설정되어 저장된 모의 대기 중 미량기체 연직 프로파일로부터 대기상태 예보를 위한 실제의 대기 중 미량기체 연직 프로파일을 도출할 수 있도록 하는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



상기 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템은, 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기복사모델에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 SCD를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT생성부(100); 서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정된 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정부(200); 및 상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출부(300);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

(72) 발명자

박준성

부산광역시 남구 유엔로157번나길 36, 셋별레미안
동 503호(대연동, 셋별레미안)

최원이

부산광역시 남구 수영로325번길 11, 617호(대연동,
마로니에타운)

김대원

대구광역시 수성구 동원로 135, 109동 1702호(만촌
동, 메트로팔레스1단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012000160002

부처명 환경부

연구관리전문기관 광주과학기술원

연구사업명 환경부 차세대에코이노베이션 기술개발사업

연구과제명 환경위성탐재체 알고리즘 개발 연구단

기 여 율 1/1

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2012.05.01 ~ 2017.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기복사모델(이하, 'RTM' 이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 층적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 층적분농도 룩업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성하는 모의 SCD-LUT생성부(100);

서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정된 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정부(200); 및

상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출부(300);를 포함하여 구성되는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 모의 미량기체 연직 프로파일은,

서로 다른 VCD(Vertical Column Density: 연직 층적분농도) 조건에서 나올 수 있는 연직 프로파일들의 모양을 반영하여 구성되는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 모의 SCD-LUT 생성부(100)는,

모의 미량기체 연직 프로파일들을 저장하는 모의 미량기체 연직 프로파일 DB부(110);

에어로졸, 지오메트리, 지형정보를 포함하는 환경정보를 저장하는 환경정보 DB부(120);

상기 모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의복사휘도자료를 생성하는 모의복사휘도자료생성부(130);

상기 모의복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 도출하는 모의 SCD 도출부(140); 및

상기 모의 미량기체 연직 프로파일들과 상기 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT부(150);를 포함하여 구성되는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 모의 SCD 도출부(140)는,

$$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - offset(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right) - \left(\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j + P(\lambda)\right) = \chi$$

가 최소가 되는 SCD값을 모의 SCD로 도출하도록 구성되며,

여기서, $I_0(\lambda)$ 는 파장 λ 의 태양으로부터 관측된 태양 복사 조도, $I(\lambda)$ 는 지구에서 반사되는(매질을 통과한) 파장 λ 의 대기상한에서의 태양 복사 조도 (irradiance), $\Delta(\lambda)$ 는 λ 의 보정 값, $offset(\lambda)$ 는 광학기기에서 발생하는 미광(stray light)와 암전류(dark current)에 의해 발생하는 시그널을 나타내는 항, $S_j(\lambda)$ 는 파장 λ 에서 물질 j 의 흡수 단면적, C_j 는 물질 j 의 경사 증적분농도 (SCD), $\left(\sum_{j=1}^n S_j(\lambda) C_j\right)$ 는 미량기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수 (narrow band)에 의한 빛의 소멸, $P(\lambda)$ 는 에어로졸 및 대기물질 (N_2 , O_2)에 의한 느린 흡수 (broad band)에 의한 빛의 소멸인 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템.

청구항 5

모의 SCD-LUT생성부(100), 다파장 SCD 측정부(200) 및 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)를 포함하는 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템에 의한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법에 있어서,

상기 모의 SCD-LUT생성부(100)가 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기 복사모델(이하, 'RTM' 이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 증적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 증적분농도 룩업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S100);

상기 다파장 SCD 측정부(200)가 서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정한 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정과정(S200); 및

상기 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)가 상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출과정(S300);을 포함하여 이루어지는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 모의 미량기체 연직 프로파일은,

서로 다른 VCD(Vertical Column Density: 연직 증적분농도) 조건에서 나올 수 있는 연직 프로파일들의 모양을 반영하여 구성되는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 모의 SCD-LUT 생성과정(S100)은,

모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하는 모의 복사휘도자료 생성과정(S110);

상기 모의 복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 도출하는 모의 SCD 도출과정(S120); 및

상기 모의 미량기체 연직 프로파일들과 상기 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S130);을 포함하여 이루어지는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 모의 SCD 도출과정(S120)은,

$$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - \text{offset}(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right) - \left(\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j\right) + P(\lambda) = \chi$$

가 최소가 되는 SCD값을 모의 SCD로 도출하며, 여기서, $I_0(\lambda)$ 는 파장 λ 의 태양으로부터 관측된 태양 복사 조도, $I(\lambda)$ 는 지구에서 반사되는(매질을 통과한) 파장 λ 의 대기상한에서의 태양 복사 조도(irradiance), $\Delta(\lambda)$ 는 λ 의 보정 값, $\text{offset}(\lambda)$ 는 광학기기에서 발생하는 미광(stray light)와 암전류(dark current)에 의해 발생하는 시그널을 나타내는 항, $S_j(\lambda)$ 는 파장 λ 에서 물질 j 의 흡수 단면적, C_j 는 물질 j 의 경사 증적분

농도(SCD), $\left(\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j\right)$ 는 미량 기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수(narrow band)에 의한 빛의 소멸, $P(\lambda)$ 는 에어로졸 및 대기물질(N_2 , O_2)에 의한 느린 흡수(broad band)에 의한 빛의 소멸인 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대기 중에 존재하는 대기 중 미량기체에 대한 연직 프로파일을 산출하는 것에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 위성에 장착된 후 다파장 초분광 관측기법을 적용하여 기 설정되어 저장된 모의 대기 중 미량기체 연직 프로파일로부터 대기상태 예보를 위한 실제의 대기 중 미량기체 연직 프로파일을 도출할 수 있도록 하는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스펙트럼 피팅(Spectrum fitting) 방법은 자외선 혹은 가시영역파장에서 미량기체, 대기분자 혹은 에어로졸들이 가지고 있는 특정한 흡수선에 의해 소산되는 복사휘도의 양으로부터 특정 미량기체들의 농도를 산출 하는 기술로서, 현재 운영 중인 극궤도 위성인 OMI (Ozone Monitoring Instrument), SCHIAMACHY (Scanning Imaging Spectrometer for Atmospheric Cartography), GOME-2 (Global Ozone Monitoring Experiment-2)등과 같은 위성 원격 측정 장비, 그리고, MAX-DOAS (Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy), PANDORA와 같은 지상 원격측정 장비 및 향후 발사할 정지궤도 위성인 GEMS (Geostationary Environment Monitoring Sensor), Tempo (Tropospheric Emission: Monitoring pollution), Sentinel-4등과 같은 위성에서 미량기체 산출을 위해 널리 쓰이는 방법 중 하나이다.

[0003] 상술한 스펙트럼 피팅(Spectrum fitting) 방법을 이용하여, 미량기체 (NO_2 , ozone, SO_2 , HCHO, etc.)의 농도 산출시, SCD 에러는 약10% 미만으로 비교적 적으나, 오염지역에서의 대기질량인자(AMF: Air Mass Factor) 에러는 100%를 초과한다. 이러한 AMF 에러의 발생원인은 AMF 계산 시 사용하는 입력 자료들의 부정확성에 상당부분 기인한다. 이러한 모델 입력 자료는 대부분 화학 수송모델로부터 획득하며, AOD (aerosol optical depth), SSA (single scattering albedo)등과 같은 에어로졸 정보, SZA (solar zenith angle), VZA (viewing zenith angle)등과 같은 기하학 정보 그리고, 미량기체의 연직 프로파일 등이 포함되어있다. 그렇기 때문에 정확한 미량기체들의 연직 프로파일 정보를 산출하는 것은 DOAS 방법을 이용한 미량기체 산출 정확도를 높이는 데에 있어 매우 중요하다. 따라서 미량기체에 대한 관측의 정확성을 높이기 위해서는 미량기체들의 연직 프로파일을 정확하게 산출할 수 있도록 하는 기술의 필요성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 기 설정되어 저장된 다양한 환경 조건

에 따른 대기 중 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일과 환경정보를 이용하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일로부터 모의 경사 층적분농도(SCD)를 도출한 후 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일에 대응하는 SCD 룩업테이블(SCD-LUT: SCD- Look Up Table)을 생성하고, 위성에서 다파장 초분광 관측기법을 적용하여 관측 SCD를 도출한 후, SCD 룩업테이블에서 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 가지는 모의 미량기체 연직 프로파일을 미량기체 연직 프로파일로 산출하도록 하는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템 및 그 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0005] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템(1)은,
- [0006] 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기복사모델(이하, 'RTM' 이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 층적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 층적분농도 룩업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성하는 모의 SCD-LUT생성부(100);
- [0007] 서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정된 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정부(200); 및
- [0008] 상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출부(300);를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 상기 모의 SCD-LUT 생성부(100)는,
- [0010] 모의 미량기체 연직 프로파일들을 저장하는 모의 미량기체 연직 프로파일 DB부(110);
- [0011] 에어로졸, 지오메트리, 지형정보를 포함하는 환경정보를 저장하는 환경정보 DB부(120);
- [0012] 상기 모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의복사휘도자료를 생성하는 모의복사휘도자료생성부(130);
- [0013] 상기 모의복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 도출하는 모의 SCD 도출부(140); 및
- [0014] 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들과 상기 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT부(150);를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0015] 상기 모의 미량기체 연직 프로파일은,
- [0016] 서로 다른 VCD(Vertical Column Density: 연직 층적분농도) 조건에서 나올 수 있는 연직 프로파일들의 모양을 반영하여 구성될 수 있다.
- [0017] 모의 SCD 도출부(140)는,
- $$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - \text{offset}(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right) - \left(\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j + P(\lambda)\right) = \chi$$
- [0018]
- [0019] 가 최소가 되는 SCD값을 모의 SCD로 도출하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 여기서, $I_0(\lambda)$ 는 파장 λ 의 태양으로부터 관측된 태양 복사 조도, $I(\lambda)$ 는 지구에서 반사되는(매질을 통과한) 파장 λ 의 대기상한에서의 태양 복사 조도 (irradiance), $\Delta(\lambda)$ 는 λ 의 보정 값, $\text{offset}(\lambda)$ 는 광학기기에서 발생하는 미광(stray light)와 암전류(dark current)에 의해 발생하는 시그널을 나타내는 항, $S_j(\lambda)$ 는 파

장 λ 에서 물질 j 의 흡수 단면적, C_j 는 물질 j 의 경사 증적분농도 (SCD), $\left(\sum_{j=1}^n S^J(\lambda) C_j\right)$ 는 미량 기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수 (narrow band)에 의한 빛의 소멸, $P(\lambda)$ 는 에어로졸 및 대기물질 (N₂, O₂)에 의한 느린 흡수 (broad band)에 의한 빛의 소멸.

[0021]

[0022] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법은,

[0023] 모의 SCD-LUT생성부(100), 다파장 SCD 측정부(200) 및 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)를 포함하는 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템에 의한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법에 있어서,

[0024] 상기 모의 SCD-LUT생성부(100)가 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기 복사모델(이하, 'RTM'이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 증적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 증적분농도 복업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S100);

[0025] 상기 다파장 SCD 측정부(200)가 서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정한 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정과정(S200); 및

[0026] 상기 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)가 상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출과정(S300);을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 모의 SCD-LUT 생성과정(S100)은,

[0028] 모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의복사휘도자료를 생성하는 모의복사휘도자료생성과정(S110);

[0029] 상기 모의복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 도출하는 모의 SCD 도출과정(S120); 및

[0030] 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들과 상기 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S130);을 포함하여 이루어질 수 있다.

[0031] 상기 모의 SCD 도출과정(S120)은,

$$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - \text{offset}(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right) - \left(\sum_{j=1}^n S^J(\lambda) C_j\right) + P(\lambda) = \chi$$

[0032]

[0033] 가 최소가 되는 SCD값을 모의 SCD로 도출하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0034] 여기서, $I_0(\lambda)$ 는 파장 λ 의 태양으로부터 관측된 태양 복사 조도, $I(\lambda)$ 는 지구에서 반사되는(매질을 통과한)

파장 λ 의 대기상한에서의 태양 복사 조도 (irradiance), $\Delta(\lambda)$ 는 λ 의 보정 값, offset(λ)는 광학기기에서 발생하는 미광(stray light)과 암전류(dark current)에 의해 발생하는 시그널을 나타내는 항, $S_j(\lambda)$ 는 파장 λ

에서 물질 j 의 흡수 단면적, C_j 는 물질 j 의 경사 증적분농도(SCD), $\left(\sum_{j=1}^n S^J(\lambda) C_j\right)$ 는 미량 기체들에 발생하는 파

장에 따른 빠른 흡수 (narrow band)에 의한 빛의 소멸, $P(\lambda)$ 는 에어로졸 및 대기물질 (N₂, O₂)에 의한 느린 흡수 (broad band)에 의한 빛의 소멸.

발명의 효과

[0035] 상술한 구성의 본 발명은, 위성에서 다중 파장에서의 초분광 관측기반의 파장 민감도 특성을 이용하여 NO₂ 등의

대기 중 미량기체에 대한 정확한 미량기체 연직 프로파일을 산출할 수 있도록 하여, 기존 화학 수송 모델의 NO₂ 등의 미량기체 연직 프로파일과의 재분석 (re-analysis) 과정을 통해 더욱 신뢰도 있는 미량기체 연직 프로파일을 산출 할 수 있도록 하고, 이에 의해, 위성을 통해 더욱 정밀도 높은 NO₂ 등의 미량기체 연직 층적분농도의 산출을 가능하게 하는 효과를 제공한다.

[0036] 또한, 본 발명은 정확한 미량기체 연직 프로파일을 산출함으로써, 대기환경 오염물질 예보에 관심 있는 지표면 미량기체의 혼합비를 위성으로부터 산출 가능하도록 하여, 지상 장비가 존재하지 않는 넓은 지역에서 정지궤도 위성을 이용하여 높은 시공간적 대기환경 예보를 가능하게 하는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템(1)의 블록 구성도.

도 2는 미량 기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수(narrow band)와 에어로졸 및 대기물질에 의한 느린 흡수(broad band)를 도식적으로 나타낸 도면.

도 3은 자외선(UV)과 가시광선 파장에 따른 빛의 투과도 및 각각의 파장에서 산출되는 미량기체 중 NO₂의 농도 관측 값을 나타내는 도면.

도 4는 본 발명의 실시예에 따르는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법의 처리과정을 나타내는 순서도.

도 5는 상기도 4의 처리과정 중 모의 SCD-LUT 생성과정(S100)의 상세 처리과정을 나타내는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 하기에서 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0039] 본 발명의 개념에 따른 실시 예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 본 명세서에서 단어 "예시적인" 은 "예로서, 일례로서, 또는 예증으로서" 역할을 한다."라는 것을 의미하기 위해 이용된다. "예시적"으로서 본 명세서에서 설명된 임의의 양태들은 다른 양태들에 비해 반드시 선호되거나 또는 유리하다는 것으로서 해석되어야 하는 것만은 아니다.

[0040] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0041] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 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.

[0042] 이하, 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템(1)(이하, 프로파일 산출 시스템(1)'이라 함)의 블록 구성도이다.

[0044] 도 1과 같이, 상기 프로파일 산출 시스템(1)은 모의 SCD-LUT생성부(100), 다파장 SCD 측정부(200) 및 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)를 포함하여 구성된다.

[0045] 상기 모의 SCD-LUT 생성부(100)는 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기복사모델(이하, 'RTM'이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 층적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 층적분농도 룩업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성한다.

[0046] 이를 위해, 상기 모의 SCD-LUT 생성부(100)는 모의 미량기체 연직 프로파일 DB부(110), 환경정보 DB부(120), 모의복사휘도자료생성부(130), 모의 SCD 도출부(140) 및 모의 SCD-LUT부(150)를 포함하여 구성된다.

[0047] 상기 모의 미량기체 연직 프로파일 DB부(110)는 화학수송모델(CTM: Chemical Transport Model)을 적용하여 미리 계산된 모의 미량기체 연직 프로파일들을 저장한다. 상기 모의 미량기체 연직 프로파일은 다양한 VCD(Vertical Column Density: 연직 층적분농도) 조건에서 나올 수 있는 모든 연직 프로파일의 모양을 반영하여 구성한다. 이때 화학수송모델(CTM)의 미량기체 연직 프로파일을 참고한다. 여기서 미량기체들은 NO₂, 오존, SO₂, HCHO 등을 포함한다.

[0048] 상기 환경정보DB부(120)는 모의 미량기체 연직 프로파일과 함께 RTM에 적용되어 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 복사휘도 자료를 생성하기 위해 입력되는 에어로졸 정보, SZA(solar optical depth), VZA(viewing zenith angle), 등의 지오메트리 정보, 지형정보를 포함하는 환경정보를 저장한다.

[0049] 상기 모의복사휘도자료생성부(130)는 상기 모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의복사휘도자료를 생성하도록 구성된다.

[0050] 상기 모의 SCD 도출부(140)는 상기 모의복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이(χ)가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD들을 도출한다.

[0051] 상기 χ 는
$$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - offset(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right) - \left(\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j\right) + P(\lambda) = \chi$$
에 의해 도출된다. 여기서, χ 는 최소자승법에 의해 얻어질 수 있다.

[0052] 여기서,
$$\ln\left(\frac{I(\lambda + \Delta(\lambda)) - offset(\lambda)}{I_0(\lambda)}\right)$$
는 복사 조도, $I_0(\lambda)$ 는 파장 λ 의 태양으로부터 관측된 태양 복사 조도, $I(\lambda)$ 는 지구에서 반사되는(매질을 통과한) 파장 λ 의 대기상한에서의 태양 복사 조도(irradiance), $\Delta(\lambda)$ 는 λ 의 보정 값(실제로 분광기(spectrometer)로 빛을 측정할 시 파장이 틀어지는 현상(shift)을 보정하는 항), $offset(\lambda)$ 는 광학기기에서 발생하는 미광(stray light)과 암전류(dark current)에 의해 발생하는 시그널을 나타내는 항, $S_j(\lambda)$ 는 파장 λ 에서 물질 j 의 흡수 단면적, C_j 는 물질 j 의 경사 층적분농도(SCD), $\sum_{j=1}^n S^j(\lambda) C_j$ 는 미량 기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수(narrow band)에 의한 빛의 소멸, $\overline{P(\lambda)}$ 는 에어로졸 및 대기물질(N₂, O₂ 등)에 의한 느린 흡수(broad band)에 의한 빛의 소멸을 나타내는 다항식이다.

[0053] 상기 $\overline{P(\lambda)}$ 는 에어로졸 및 대기물질(N₂, O₂ 등)에 의한 느린 흡수(broad band)에 의한 빛의 소멸(흡수)을 나타내는 것으로, 도 2와 같이, 파장 변화에 따라서 느리게 변하기 때문에 저차원 다항식(예, 2차원으로 표현되는 경우 ax^2+bx+c)으로 표현된다.

[0054] 도 2는 미량 기체들에 발생하는 파장에 따른 빠른 흡수(narrow band)와 에어로졸 및 대기물질에 의한 느린 흡수(broad band)를 도식적으로 나타낸 도면이다.

[0055] 다시 도 1을 참조하면, 상기 모의 SCD-LUT부(150) 모의 미량기체 연직 프로파일들과 모의 SCD도출부(140)에서 도출된 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT을 저장하도록 구성된다.

[0056] 상기 다파장 SCD측정부(200)는 미량기체 연직 프로파일을 도출하기 위하여 인공위성에서 관측대상 미량기체에 대하여 다 파장들에 대한 다수의 피팅 윈도우들을 적용하여 관측 SCD를 측정하도록 구성된다.

[0057] 도 3은 자외선(UV)과 가시광선 파장에 따른 빛의 투과도 및 각각의 파장에서 산출되는 미량기체 중 NO₂의 농도

관측 값을 나타내는 도면이다.

- [0058] 도 3과 같이, 가시(visible) 영역 대 의 경우 태양 입자(photon)가 지표면에까지 도달 가능함으로 대기 전체의 NO₂ SCD 산출이 가능하다. 그러나 자외선(ultraviolet) 영역 대 의 경우 성층권에 다량으로 존재하는 오존 등의 영향으로 태양 입자가 지표면까지 도달 하는 양이 매우 적으므로, 지표면 NO₂의 산출 민감도가 떨어지게 된다. 더욱이 파장이 짧아지면 짧아질수록 지표면에 도달하는 양이 줄어들어, 파장이 짧을수록 고층부에 존재하는 NO₂의 영향만을 받게 된다. 즉, 서로 다른 파장을 이용하여 대기중의 미량기체를 측정함으로써 성층권 혹은 대류권 상층까지 존재하는 NO₂ 등의 미량기체의 SCD의 산출이 가능하다.
- [0059] 즉, 도 1의 다파장SCD측정부(200)는 관측 대상 미량기체에 대한 농도 측정을 위해 서로 다른 파장들을 가지는 피팅윈도우들을 이용한 DOAS를 적용하는 것에 의해 각각의 파장들에 대응하는 SCD 값들을 산출한 후 이를 합산하여 관측 SCD 값을 산출하도록 구성된다.
- [0060] 상기 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)는 관측 SCD 값과 오차 범위 내에서 일치하는 SCD 값을 모의 SCD-LUT부(150)에서 추출한 후 대응되는 모의 미량기체 연직 프로파일을 관측 SCD 값에 대응하는 미량기체 연직 프로파일로 추출하도록 구성된다.
- [0061] 즉, 상기 관측 SCD는 인공위성에서 경사방향으로 측정한 미량기체에 대한 SCD 값을 가지며, 상기 추출된 미량기체 연직 프로파일은 지표면에서 수직으로 분포되는 미량기체의 농도 분포를 가지게 된다.
- [0062] 도 4는 본 발명의 실시예에 따르는 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.
- [0063] 도 4와 같이, 상기 다중 파장을 이용한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법은, 모의 SCD-LUT생성부(100), 다파장 SCD 측정부(200) 및 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)를 포함하는 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 시스템에 의한 대기 중 미량기체 연직 프로파일 산출 방법에 있어서, 모의 SCD-LUT생성과정(S100), 다파장 SCD 측정과정(S200) 및 미량기체 연직 프로파일 도출과정(S300)을 포함하여 이루어진다.
- [0064] 상기 모의 SCD-LUT생성부(100)가 기 저장된 미량기체에 대한 모의 미량기체 연직 프로파일들과 환경정보를 대기 복사모델(이하, 'RTM' 이라 함, RTM: Radiative Transfer model)에 적용하여 모의 복사휘도자료를 생성하고, 생성된 모의 복사휘도자료로부터 모의 경사 축적분농도(이하, 'SCD'라 함, SCD: Slant Column Density)를 도출하여 각각의 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 매칭한 모의 경사 축적분농도 룩업 테이블(이하, 'SCD-LUT'라 함, LUT: Look Up Table)을 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S100)을 수행한다.
- [0065] 도 5는 상기 도 4의 처리과정 중 모의 SCD-LUT 생성과정(S100)의 상세 처리과정을 나타내는 순서도이다.
- [0066] 도 5를 참조하여 상기 모의 SCD-LUT생성과정(S100)을 상세히 설명하면, 먼저 모의복사휘도자료생성부(130)가 모의 미량기체 연직 프로파일과 상기 환경정보를 RTM에 적용하여 모의복사휘도자료를 생성하는 모의복사휘도자료 생성과정(S110)을 수행한다.
- [0067] 다음으로, 모의 SCD도출부(140)가 상기 모의복사휘도자료값들에 대하여 모델방정식에 의해 흡수된 태양복사의 차이가 최소가 되는 SCD들을 추출하여 상기 모의 미량기체 연직 프로파일들에 대한 모의 SCD를 도출하는 모의 SCD 도출과정(S120)을 수행한다. 이 경우, 모의 미량기체 연직 프로파일들에 의해 도출된 복사휘도값과 모델방정식으로부터 산출된 흡수복사휘도 값이 최소가 되는 모의 SCD 값을 모의 SCD 값으로 도출함은 상술한 바와 같다.
- [0068] 이 후, 모의 SCD-LUT부(150)가 모의 미량기체 연직 프로파일들과 상기 모의 SCD들을 매칭시킨 SCD-LUT를 생성하는 모의 SCD-LUT생성과정(S130)을 수행한다.
- [0069] 다시, 도 1을 참조하여 설명하면, 상술한 바와 같이, 모의 SCD-LUT가 생성된 후에는, 상기 다파장 SCD 측정부(200)가 서로 다른 파장의 피팅윈도우(fitting window)를 적용한 DOAS에 의해 서로 다른 파장들에서의 관측 대상 미량기체에 대한 SCD들을 측정한 후 합산하여 측정 대상 미량기체에 대한 관측 SCD를 도출하는 다파장 SCD 측정과정(S200)을 수행한다. 이 처리과정은 실제로 인공위성에서 지구 대기를 분광기법에 의해 관측하는 처리과정이 된다.
- [0070] 이 후, 상기 미량기체 연직 프로파일 도출부(300)가 상기 관측 SCD와 일정 오차 범위 내에서 일치하는 모의 SCD 값을 상기 SCD-LUT에서 추출한 후 대응하는 모의 미량기체 연직 프로파일을 측정대상 미량기체에 대한 미량기체 연직 프로파일로 도출하는 미량기체 연직 프로파일 도출과정(S300)을 수행한다. 이 과정에서, 관측된 관측 SCD

값에 대응하는 미량기체 연직 프로파일이 도출된다.

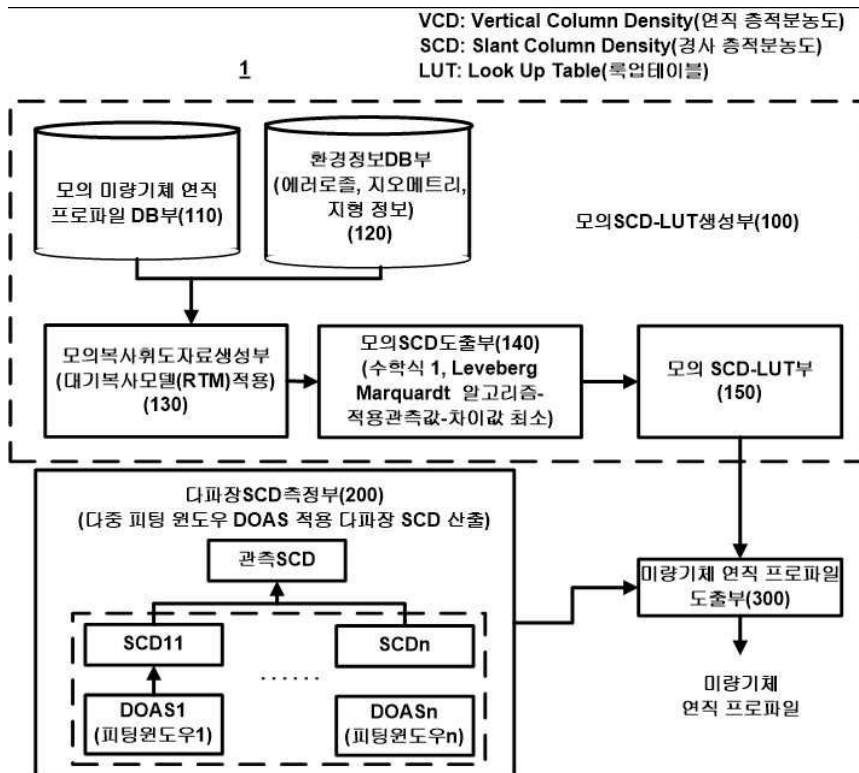
[0071] 상기에서 설명한 본 발명의 기술적 사상은 바람직한 실시예에서 구체적으로 기술되었으나, 상기한 실시예는 그 설명을 위한 것이며 그 제한을 위한 것이 아님을 주의하여야 한다. 또한, 본 발명의 기술적 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 다양한 실시예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0072] 1: 프로파일 산출 시스템

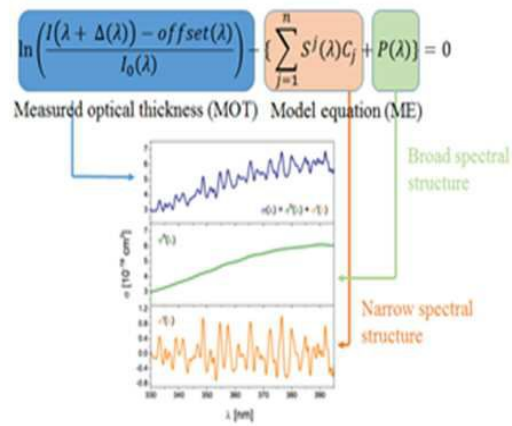
도면

도면1



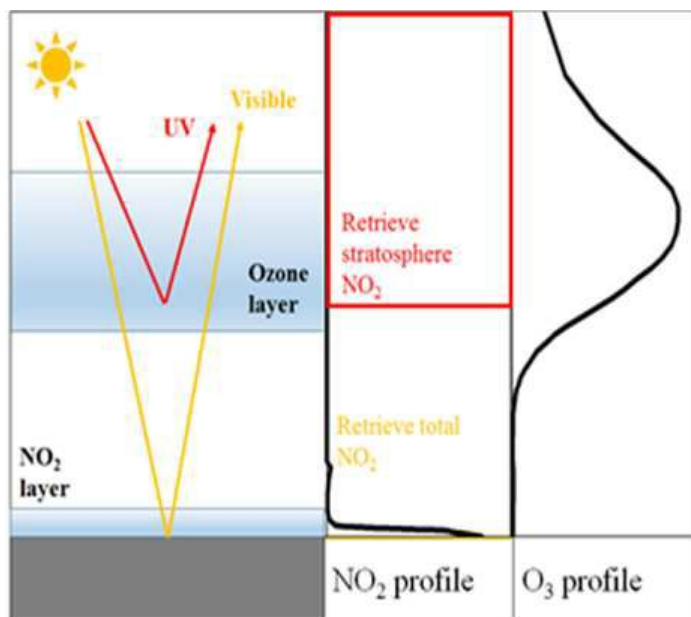
도면2

Including non-linear correction (due to wavelength shift and stretch) and the polynomial component $P(\lambda)$

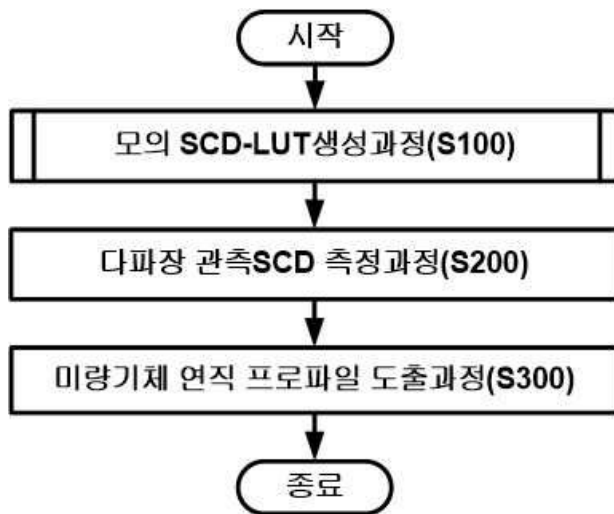


$MOT - ME = \chi \rightarrow$ can be solved with **least square method** $\rightarrow \chi^2 = \text{minimum}$.

도면3



도면4



도면5

