



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0060284
(43) 공개일자 2018년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/10 (2006.01) G01S 19/14 (2010.01)
G01W 1/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01W 1/10 (2013.01)
G01S 19/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0159610
(22) 출원일자 2016년11월28일
심사청구일자 2016년11월28일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자
박선기
서울특별시 마포구 백범로 205, 102동 2103호 (신공덕동, 마포펜트하우스)

(74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 12 항

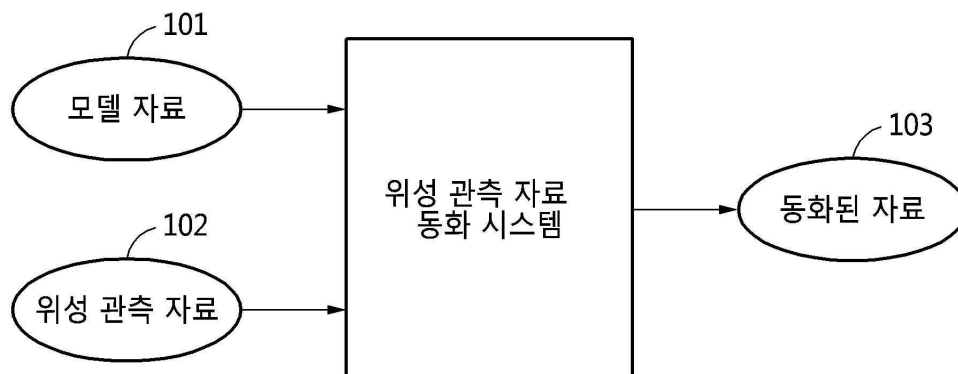
(54) 발명의 명칭 OMI의 O3, SO2, NO2 전량에 대한 관측연산자에 기초한 위성 관측 자료 동화 방법 및 시스템

(57) 요약

위성 관측 자료 동화 방법 및 시스템이 개시된다.

위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 모델 자료 및 위성 관측 자료를 식별하는 단계; 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 단계; 및 모델의 격자 위치에 대응하는, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽함으로써 동화된 자료를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01W 1/08 (2013.01)

G01W 2201/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012000160005

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 환경정책기반공공기술개발사업

연구과제명 환경위성탐재체 활용관련 자료동화체계 개발

기 여 율 1/1

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2017.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

위성 관측 자료 동화 방법에 있어서,

모델 자료 및 위성 관측 자료를 식별하는 단계;

모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 단계; 및

모델의 격자 포인트에 대응하는, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽함으로써 동화된 자료를 결정하는 단계

를 포함하는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 모델에서 연직 레이어 상한에 대한 제한에 의해, 상기 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽할 때 발생하는 오차를 바이어스 보정하는 단계

를 더 포함하는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 단계는,

상기 모델을 연직적으로 구성하는 격자 형태의 레이어의 개수, 레이어의 압력두께, 아보가드로 수, 중력 가속도 및 건조한 공기의 분자량을 이용하여 수행되는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 동화된 자료를 결정하는 단계는,

상기 모델의 레이어에 포함된 격자 포인트의 개수 및 내삽 가중치를 이용하여 수행되는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 오차를 보정하는 단계는,

상기 동화된 자료에 비용 함수를 최소화하는 매개변수를 적용하는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 비용 함수는,

상기 매개변수의 추정 값, 위성 관측 자료와 연관된 격자 포인트들의 개수, 모델링에 의한 오차, 관측에 의한 오차, 위성 관측 자료 및 모델 자료를 포함하는 위성 관측 자료 동화 방법.

청구항 7

위성 관측 자료 동화 시스템에 있어서,
 관측 연산자를 포함하고,
 상기 관측 연산자는,
 모델 자료 및 위성 관측 자료를 식별하고,
 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하고,
 모델의 격자 포인트에 대응하는, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽함으로써 동화된 자료를 결정하는
 위성 관측 자료 동화 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,
 상기 관측 연산자는,
 상기 모델에서 연직 레이어 상한에 대한 제한에 의해, 상기 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽할 때 발생하는 오차를 바이어스 보정하는 위성 관측 자료 동화 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,
 상기 관측 연산자는,
 상기 모델을 연직적으로 구성하는 격자 형태의 레이어의 개수, 레이어의 압력두께, 아보가드로 수, 중력 가속도 및 건조한 공기의 분자량을 이용하여 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 위성 관측 자료 동화 시스템.

청구항 10

제7항에 있어서,
 상기 관측 연산자는,
 상기 모델의 레이어에 포함된 격자 포인트의 개수 및 내삽 가중치를 이용하여 동화된 자료를 결정하는 위성 관측 자료 동화 시스템.

청구항 11

제8항에 있어서,
 상기 관측 연산자는,
 상기 동화된 자료에 비용 함수를 최소화하는 매개변수를 적용하는 위성 관측 자료 동화 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,
 상기 비용 함수는,
 상기 매개변수의 추정 값, 위성 관측 자료와 연관된 격자 포인트들의 개수, 모델링에 의한 오차, 관측에 의한 오차, 위성 관측 자료 및 모델 자료를 포함하는 위성 관측 자료 동화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 위성 관측 자료 동화 방법 및 시스템 중 특정 관측연산자 개발에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 자료 동화란 현재의 대기 상태를 설명하기 위해서 위성 관측 자료를 이용하여 최적의 초기값을 가지는 자료를 생성하는 방법을 말한다.
- [0003] 완벽한 예보 모델이라 하더라도 시간이 지남에 따라 오차가 커지는데, 자료 동화는 그 오차가 커지는 것을 막기 위한 방법이다.
- [0004] 자료 동화는 최적의 초기값을 찾기 위해 모델 자료와 위성 관측 자료가 가지는 오차를 이용하여 모델 자료와 위성 관측 자료를 비교한다. 이 때, 모델 자료와 위성 관측 자료가 서로 다른 단위를 가지거나, 모델 자료의 위치와 관측 위치가 다를 수 있다. 따라서 모델 자료와 위성 관측 자료의 직접적인 비교를 위해 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽하고 단위를 변환하는 역할을 하는 관측 연산자가 필요하다.
- [0005] 대기 화학 물질은 주 생성 메커니즘에 따라 대기의 특정 연직(vertical) 레이어에 대량으로 존재할 수 있다. 위성 관측 자료는 지면부터 위성의 위치까지 연직으로 통합된 위성 관측 자료를 제공하는 경우가 대다수이기 때문에 위성 관측 자료 동화 시에는 특정 연직 레이어에 밀집된 대기 화학 물질에 대한 고려가 필요하다.
- [0006] 이에 따라, 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 보다 정밀한 관측 연산자가 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 위성 관측 자료를 동화하는 시스템의 관측 연산자를 통해 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하고, 단위가 변환된 모델 자료에 내삽법을 적용한다. 또한, 내삽법이 적용된 모델 자료에 발생하는 오차를 바이어스 보정함으로써, 대기오염 물질의 장거리 이동에 대한 예측 능력을 향상시키고, 대기오염 물질의 발원 및 소멸에 대한 추적을 가능하게 하는, 위성 관측 자료 동화 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 모델 자료 및 위성 관측 자료를 식별하는 단계; 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 단계; 및 모델의 격자 위치에 대응하는, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽함으로써 동화된 자료를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 상기 모델에서 연직 레이어 상한에 대한 제한에 의해, 상기 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽할 때 발생하는 오차를 바이어스 보정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 상기 위성 관측 자료의 단위로 변환하는 단계는, 상기 모델을 연직으로 구성하는 격자 형태의 레이어의 개수, 레이어의 압력두께(pressure depth), 아보가드로 수, 중력 가속도, 건조한 공기의 분자량을 이용하여 수행될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 상기 동화된 자료를 결정하는 단계는, 상기 모델의 레이어에 포함된 격자 포인트의 개수, 내삽 가중치를 이용하여 수행될 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 상기 오차를 보정하는 단계는, 상기 동화된 자료에 비용 함수를 최소화하는 매개변수를 적용할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법에 있어서, 상기 비용 함수는 상기 매개변수의 추정 값, 위성 관측 자료와 연관된 격자 포인트들의 개수, 모델링에 의한 오차, 관측에 의한 오차, 위성 관측 자료 및 모델 자료를 포함할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 시스템은, 관측 연산자를 포함하고, 상기 관측 연산자는, 모델 자료 및 위성 관측 자료를 식별하고, 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하고, 모델의 격자 위치에 대응하는, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽함으로써 동화된 자료를 결정할 수 있다.

발명의 효과

[0015] 본 발명은 위성 관측 자료를 동화하는 시스템의 관측 연산자를 통해 모델 자료의 단위를 위성 관측 자료의 단위로 변환하고, 단위가 변환된 모델 자료에 내삽법을 적용할 수 있다. 또한, 내삽법이 적용된 모델 자료에 발생하는 오차를 바이어스 보정함으로써, 대기오염 물질의 장거리 이동에 대한 예측 능력을 향상시키고, 대기오염 물질의 발원 및 소멸에 대한 추적을 가능하게 하는, 위성 관측 자료 동화 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법을 수행하는 시스템을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료 동화 방법의 순서도이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 동화된 자료를 결정하기 위해 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽하는 방법을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 동화된 자료에 발생하는 오차의 원인을 설명하기 위해, 관측한 대기 영역을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료(102)의 동화 방법을 수행하는 시스템을 도시한 도면이다.

[0019] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료(102)의 동화 방법은 위성 관측 자료 동화 시스템(100)의 관측 연산자에 의해 수행될 수 있다. 관측 연산자는 컴퓨터에 포함된 프로세서가 될 수 있다. 위성 관측 자료 동화 시스템(100)은 특정 모델을 통해 도출된 모델 자료(101)와 위성 관측에 의해 도출된 위성 관측 자료(102)에 대응하는 동화된 자료(103)로 변환할 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면, 특정 모델은 오존과 같은 대기를 포함하는, 위성 관측 장치로 관측한 대기 영역 중 미리 설정된 연직 레이어 이하의 대기 영역만을 모델링한 것을 의미할 수 있다. 본 발명에서 "동화 방법"은 위성 관측 자료(102)와 모델 자료(101)를 이용하여 동화된 자료(103)를 도출하는 것을 의미할 수 있다. 또한, 위성 관측 장치는 아우라 위성(Aura satellite)에 탑재된 스모크, 먼지, 황산염 등과 같은 에어로졸 타입(aerosol type)의 구분 및 대기의 자료 관측을 수행하는 OMI(Ozone Monitoring Instrument)일 수 있다. 여기서 OMI는 nadir-viewing near-UV/Visible CCD 분광기이다.

[0020] 본 발명의 일실시예에 따른 관측 연산자는 수학적 1과 같이 모델 자료(101)의 단위를 위성 관측 자료(102)의 단위로 변환하고, 단위가 변환된 모델 자료를 위성 관측 자료의 위치로 내삽(interpolation)함으로써 동화된 자료(103)를 결정할 수 있다.

수학적 1

[0021] $h = h_1 h_2$

[0022] h 는 관측 연산자이고, h_1 은 모델 자료(101)를 위성 관측 자료(102)의 위치로 내삽하는 함수일 수 있다. 또한, h_2 는 모델 자료(101)의 단위를 위성 관측 자료(102)의 단위로 변환하는 함수일 수 있다.

[0023] 본 발명의 일실시예에 따른 모델 자료(101)는 오존과 같은 대기를 포함하는 대기 영역을 높이에 따라 연직 방향으로 구성된 격자 형태의 복수의 레이어들을 포함하는 모델로부터 도출된 자료일 수 있다. 이 때, 모델 자료(101)는 격자들 각각의 포인트 별로 도출된 결과일 수 있다.

[0024] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료(102)는 레이어의 격자들 각각의 포인트와 동일한 관측 위치 또는 각각의 포인트와 다른 관측 위치에 대응하는 자료일 수 있다. 이 때, 위성 관측 자료(102)는 모델 자료(101)와 다른 단위로 표현될 수 있다.

[0025] 그리고, 위성 관측 자료(102)의 관측 위치가 격자들 각각의 포인트의 위치와 다른 경우, 관측 연산자는 격자들 각각의 포인트에서 도출된 모델 자료(101)를 위성 관측 자료(102)의 위치로 내삽함으로써 관측 위치에 대응하는 동화된 자료(103)를 결정할 수 있다. 또한, 위성 관측 자료(102)는 특정 모델이, 관측한 대기 영역 중 미리 설

정된 연직 레이어 이하의 대기 영역만을 모델링한 것임에 따른 오차를 포함할 수 있다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 자료(102)의 동화 방법의 순서도이다.

[0027] 단계(201)에서, 관측 연산자는 모델 자료(101)의 단위를 위성 관측 자료(102)의 단위로 변환할 수 있다. 일례로, 본 발명에서 관측 대기가 오존인 경우, 모델 자료(101)의 단위는 ppmv(parts per million by volume)이고, 위성 관측 자료(102)의 단위는 돕슨 단위(DU: Dobson Unit)일 수 있다.

[0028] 본 발명의 일실시예에 따르면, 모델 자료(101)의 단위는 수학적 식 2에 의해 위성 관측 자료(102)의 단위로 변환될 수 있다.

수학적 식 2

$$[0029] \quad z = h_2(x) = \sum_{k=1}^{K_{\max}} \frac{1 \times 10^{-8}}{2.69 \times 10^{16}} \cdot \frac{dp(k) \cdot AV}{g \cdot M_{\text{dry}}} \cdot x(k)$$

[0030] $h_2(x)$ 는 모델 자료(101)인 $x(k)$ 의 단위가 위성 관측 자료(102)의 단위로 변환된 결과이다. 그리고, $K_{\max}$ 는 모델 자료(101)가 도출된 모델에서 연직적인 방향으로 구성된 격자 형태를 가지는 복수의 레이어들의 개수이고, $dp(k)$ 는 복수의 레이어들 중 k 번째 레이어의 기압두께이다. 또한, AV 는 아보가드로 수이고, g 는 중력 가속도이고, M_{dry} 는 건조 공기의 분자량이다. $x(k)$ 는 k 번째 레이어에서 ppmv단위를 가지는 모델 자료(101)이다. 이 때, AV 는 6.02252×10^{23} (molec/mol)이고, M_{dry} 는 0.028964 (kg/mol)이다.

[0031] 단계(202)에서, 위성 관측 자료(102)의 관측 위치가 레이어의 격자들 각각의 위치와 다른 위치에 대응하는 경우, 격자들 각각의 포인트에서 도출된 모델 자료(101)를 내삽함으로써 관측 위치에 대응하는 동화된 자료(103)를 결정할 수 있다.

[0032] 단계(203)에서, 특정 모델이, 관측하고자 하는 대기 영역 중 미리 설정된 연직 레이어 이하의 대기 영역만을 모델링한 것임에 따른 동화된 자료(103)에 존재하는 오차를 바이어스 보정할 수 있다.

[0033] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 동화된 자료(103)를 결정하기 위해 모델 자료(101)를 위성 관측 자료(102)의 위치로 내삽하는 방법을 도시한 도면이다.

[0034] 본 발명의 일실시예에 따른 레이어(301)는 관측한 대기 영역(302)을 모델링한 격자 형태의 레이어일 수 있다. 이 때, 레이어(301)의 격자 포인트들(310 내지 340)은 각각의 위치에 대응하는 모델 자료(101)를 포함할 수 있다. 또한, 위성 관측 위치(350)는 위성 관측 자료(102)를 포함할 수 있다. 여기서, 위성 관측 위치(350)는 격자 포인트들(310 내지 340) 중 어느 하나와 동일하거나 또는 격자 포인트들(310 내지 340) 모두와 다를 수 있다.

[0035] 본 발명의 일실시예에 따른 위성 관측 위치(350)가 격자 포인트들(310 내지 340) 모두와 다른 경우, 단계(201)에서 단위가 변환된 모델 자료를 수학적 식 3을 이용하여 위성 관측 자료(102)의 위치로 내삽할 수 있다.

수학적 식 3

$$[0036] \quad h_1(z) = \sum_{i=1}^{I_{\max}} \gamma_i z_i$$

[0037] $h_1(z)$ 는 단위가 변환된 모델 자료인 z 를 내삽한 결과이다. 그리고, $I_{\max}$ 는 격자 포인트의 개수이고, γ_i 는 격자 포인트의 내삽 가중치이다. 이 때, 내삽 가중치 γ_i 는 위성 관측 위치(350)에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 일례로, 위성 관측 위치(350)의 위치가 격자 포인트(310)에 가까운 경우, 격자 포인트(310)에 대한 내삽 가중치는 다른 격자 포인트들(320 내지 340)에 대한 내삽 가중치들에 비해 상대적으로 큰 값을 가질 수 있다.

[0038] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 동화된 자료(103)에 발생하는 오차의 원인을 설명하기 위해, 관측한 대기 영역을 도시한 도면이다.

[0039] 본 발명의 일실시예에 따른, 관측한 대기 영역(401)은 다수의 격자 형태의 레이어들을 포함하는 모델링된 영역(402) 및 모델링 되지 않은 영역(403)을 포함할 수 있다. 일례로, 모델링된 영역(402)과 모델링 되지 않은 영역(403)은 10hPa를 기준으로 구분될 수 있다. 모델링 되지 않은 영역(402)은 미리 설정된 연직 레이어 보다 높은 고도에 위치하지만, 무시할 수 없는 양의 관측 대상 물질이 존재할 수 있다. 따라서, 모델링된 영역(402)로부터 결정된 동화된 자료(103)는 모델링 되지 않은 영역(402)에 존재하는 대기에 의한 기여분을 누락하고 있으므로, 동화된 자료(103)에 오차가 발생 할 수 있다.

[0040] 본 발명의 일실시예에 따르면, 수학식 4를 이용하여 동화된 자료(103)에 존재하는 오차를 보정하기 위한 매개변수인 ε 을 동화된 자료(103)에 적용함으로써 동화된 자료(103)의 오차를 바이어스 보정할 수 있다.

수학식 4

$$J(x) = \frac{1}{2} w_0^{-2} (\log \varepsilon - \log \varepsilon_0)^2 + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N r_0^{-2} [\log y - \log [e h(x^f)]]_i^2$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \exp \left[\frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \left(\frac{y}{\varepsilon_0 h(x^f)} \right)_i}{1 + \frac{r_0}{w_0}} \right]$$

[0043] 수학식 4에서, J(x)는 비용 함수로서, 로그 정규 형태로 표현되고, 매개변수 ε 는 J(x)를 최소화하는 값이다. 여기서, ε_0 는 매개변수 추정 값이고, N은 관측 포인트와 연관된 격자 포인트들의 개수이다. w_0 는 모델링에 의한 오차이고, r_0 는 관측에 의한 오차이다. 그리고, y는 위성 관측 자료(102)이고, x^f 는 모델 자료(101)이다.

[0044] 본 발명의 실시 예에 따른 방법들은 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, 자료 파일, 자료 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0045] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

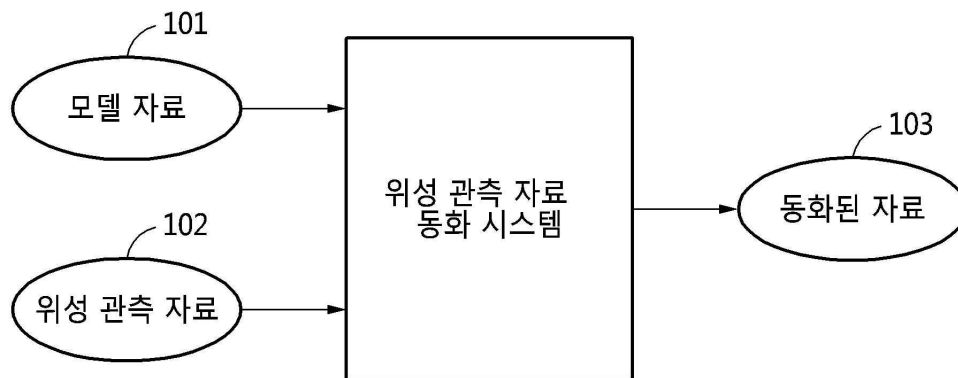
[0046] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

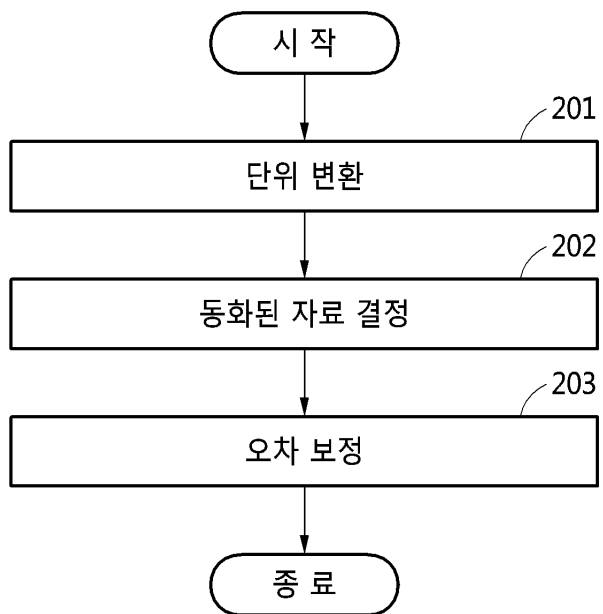
[0047] 100: 위성 관측 자료 동화 시스템

도면

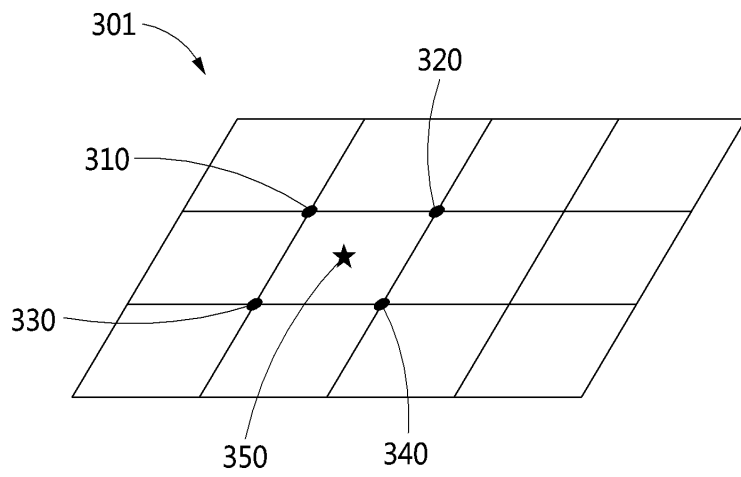
도면1



도면2



도면3



도면4

