(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0097719
(43) 공개일자 2023년07월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/26 (2012.01) *G01N 33/24* (2006.01)
G01W 1/08 (2006.01) *G01W 1/10* (2006.01)
G06F 17/18 (2006.01) *G06F 30/20* (2020.01)
G06Q 50/10 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/26 (2013.01)
G01N 33/246 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0187485
(22) 출원일자 2021년12월24일
심사청구일자 2021년12월24일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
이명인
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
탁선래
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
서은교
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(74) 대리인
특허법인지원

전체 청구항 수 : 총 15 항

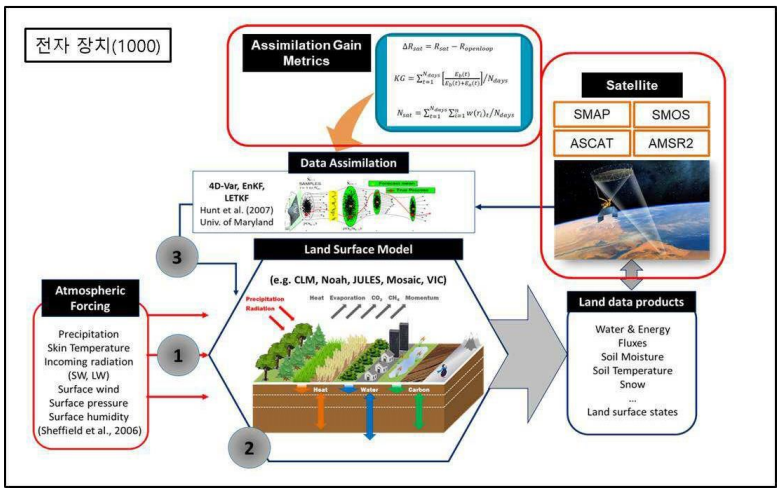
(54) 발명의 명칭 **다중 위성 토양수분 자료를 이용한 지면 자료 동화 시스템**

(57) 요 약

본 개시는 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료 동화하는 전자 장치 및 이의 동작 방법에 관한 것이다. 일 실시예에 의하면 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료 동화하는 전자 장치는 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서; 를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하고, 상기 획득된 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 전처리하고, 전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료 동화할 수 있다.

대 표 도

10



(52) CPC특허분류
G01W 1/08 (2013.01)
G01W 1/10 (2013.01)
G06F 17/18 (2013.01)
G06F 30/20 (2020.01)
G06Q 50/10 (2015.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1365003447
과제번호 KMI2021-01211
부처명 기상청
과제관리(전문)기관명 한국기상산업기술원
연구사업명 기후예측 및 위험대응 강화 연구
연구과제명 지면초기화 기술 고도화 및 대기-지면-해양 결합초기화 기술 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2021.04.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화 하는 전자 장치에 있어서,

하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및

상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서; 를 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써,

상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하고,

상기 획득된 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 전처리하고,

전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는, 전자 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

다중 위성 SMAP, SMOS, ASCAT 또는 AMSR2 중 적어도 하나로부터 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하는, 전자 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

Local Ensemble Transform Kalman Filter(LETKF, Hunt) 기법을 이용하여, 상기 위성 토양 수분 자료를 자료 동화함으로써, 독립적 계산에 따른 계산 비용을 절감하는, 전자 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 지면 모델은 JULES 지면 모델이고,

50km의 공간적 해상도를 가지고, 3개의 지면층으로 분리하여 물리 과정을 계산하는, 지면 모델인 것을 특징으로 하는, 전자 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 지면 모델의 대기강제력 자료는

Precipitation(강수), Incoming Radiation(Shortwave, longwave, 복사자료), Surface wind(바람), Surface Pressure(지표면 기압) 또는 Surface humidity(지표면 습도) 중 적어도 하나에 관한 자료를 포함하는 것을 특징으로 하는, 전자 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

JRA-55 재분석 자료를 기반으로, 상기 대기강제력 자료 중, 강수자료를 보정하여 사용하고,

일부 위도 지역은 위성 토양 수분 자료를 이용하여 CMAP의 평균장과 GSMAP의 편차장을 이용하여 강수자료를 생성하고,

상기 일부 위도 지역을 제외한 나머지 고위도 지역은 CMAP의 평균장에 JRA-55 편차장을 이용하여 강수자료를 표현하는 것을 특징으로 하는, 전자 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료에 대해, 각각의 격자마다 상기 다중위성 4개로부터 획득된 위성 토양 수분 자료를, 상기 지면 모델인 JULES의 토양 수분 자료로 변환하여 자료 동화의 관측자료로 사용하는, 전자 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

관측점의 형태로 나타나는, 위성 별 위성 토양 수분 자료를 모델 격자로 변환함으로써 전처리하는 것을 특징으로 하는, 전자 장치.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는

위성별로 모델의 격자안에 포함하는 토양 수분 관측 자료를 거리에 반비례 가중치를 주어 격자 대푯값을 계산하고,

토양 수분 관측값뿐만 아니라 관측 에러 값도, 상기 토양 수분 관측 자료와 같은 방법으로 계산하여, 위성 격자에서 모델 격자로 변환하는, 전자 장치.

청구항 10

전자 장치가 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화 하는 방법에 있어서,

상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계;

상기 획득된 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 전처리하는 단계; 및

전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계는,

상기 전자 장치와 연결된 다중 위성 SMAP, SMOS, ASCAT 또는 AMSR2 중 적어도 하나로부터 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는 단계는

Local Ensemble Transform Kalman Filter(LETKF, Hunt) 기법을 이용하여, 상기 위성 토양 수분 자료를 자료 동화하는 단계; 를 포함하는, 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 지면 모델은 JULES 지면 모델이고,

50km의 공간적 해상도를 가지고, 3개의 지면층으로 분리하여 물리 과정을 계산하는, 지면 모델인 것을 특징으로 하는, 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 지면 모델의 대기강제력 자료는

Precipitation(강수), Incoming Radiation(Shortwave, longwave, 복사자료), Surface wind(바람), Surface Pressure(지표면 기압) 또는 Surface humidity(지표면 습도) 중 적어도 하나에 관한 자료를 포함하는 것을 특징

으로 하는, 방법.

청구항 15

전자 장치가 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화 하는 방법에 있어서,

상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계;

상기 획득된 위성 토양 수분 자료를 전처리하는 단계; 및

전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는 단계; 를 포함하는, 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 다중 위성 토양수분 자료를 이용한 지면 자료 동화 시스템에 관한 것이다. 보다 상세하게는 시스템 내 다중 위성 토양 수분 자료를 자료동화하는 장치 및 이의 동작 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 계절내 예측 및 계절 예측 성능을 향상시키기 위해서는 지면, 해양, 해빙 변수들의 초기조건 품질을 개선을 하는 것은 필수적이며, 지면 초기화 기법의 성능은 2주-2달 사이의 계절내-계절 예측 성능을 결정할 수 있다.

[0003] 중위도에서 지면 초기화의 개선을 통해 봄-여름철 토양수분 모의 성능이 향상되는 경우 폭염, 가뭄 등의 여름철 특이기상에 대한 예측 성능을 향상시킬 수 있고, 지면 과정에서 특히 토양수분은 계절예측 규모에서 중요한 강제력으로 작용할 수 있다.

[0004] 지면의 토양수분을 전 지구 공간적으로 모의하는 방법은 크게 3가지가 있는데, 첫번째는 지면 모델의 적분 과정을 통해 표현하는 방법, 두번째는 위성의 토양수분 산출물 자료를 사용하여 표현하는 방법, 세번째는 직접 관측 자료(In-situ data)를 사용하는 방법이 개시된다. 일 실시 예에 의하면, 첫번째 지면 모델을 사용하는 경우 전 지구 자료를 공간적으로 빈틈없이 표현할수 있으나, 현실적인 모의에 한계성을 지니며, 두번째 위성자료를 사용하는 경우, 위성원격탐사로 현실적인 토양수분 값을 얻을수 있으나, 위성이 지나가는 경로에서만 자료를 얻을 수 있어 시간적, 공간적 한계성이 있다.

[0005] 또한, 세번째의 관측 자료를 사용하는 경우, 직접 측정하여 신뢰성있는 자료를 얻을 수 있지만, 관측 지점이 몇개 되지 않아, 공간적으로 표현이 힘들어 주로 성능 검증 자료로 사용될 수 있다.

[0006] 특히 위성기반 토양수분 자료 품질은 각 지역에 따라 편차가 있으며, 주로 토양수분 관측자료는 북미지역에 집중되어 있어, 전지구 토양 수분 표현을 위해서는 지면 모델 적분 과정에 위성 토양수분자료를 자료동화하는 지면 자료동화 과정이 필요하다.

[0007] 따라서, 다중 위성 토양 수분 자료를 이용하여 지면 모델에서의 토양 수분 모의 성능을 개선하기 위한 자료동화 기술 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제1319370호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 일 실시 예에 따르면, 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화하는 전자 장치 및 이의 동작 방법이 제공될 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 의하면 소정의 시간 간격으로 위성 토양 수분 자료를 자료 동화하는 전자 장치 및 이의 동작 방법이 제공될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 개시의 일 실시 예에 따라, 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화하는 전자 장치에 있어서, 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리; 및 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서; 를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행함으로써, 상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 위성 토양 수분 자료를 획득하고, 상기 획득된 위성 토양 수분 자료를 전처리하고, 전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는, 전자 장치가 제공될 수 있다.

[0012] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 또 다른 실시 예에 의하면, 전자 장치가 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화 하는 방법에 있어서, 상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계; 상기 획득된 위성 토양 수분 자료를 전처리하는 단계; 및 전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는 단계; 를 포함하는, 방법이 제공될 수 있다.

[0013] 또한, 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 개시의 또 다른 실시 예에 따라, 전자 장치가 다중 위성 기반 토양수분 자료를 자료동화 하는 방법에 있어서, 상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 위성 토양 수분 자료를 획득하는 단계; 상기 획득된 위성 토양 수분 자료를 전처리하는 단계; 및 전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 하는 단계; 를 포함하는, 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체가 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 일 실시 예에 따른 다중 위성 기반 토양수분 자료동화 시스템 자료 및 체계를 나타내는 도면이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 JULES 지면 모델을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 다중 위성 토양 수분 자료를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 다중 위성과 JULES 모델 CDF 예시를 나타내는 도면이다.

도 5는 다중 위성 자료의 모델 격자로의 전처리 변환 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 위성 토양 수분 자료 및 자료동화 업데이트 예시를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 자료동화 시스템 및 LETKF를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 일 실시 예에 따른 전자 장치의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 개시에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0016] 본 개시에서 사용되는 용어는 본 개시에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0017] 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 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0018] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 개시의 실시예에 대하여 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 개시는 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 개시를 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였

다.

[0019] 도 1은 일 실시 예에 따른 다중 위성 기반 토양수분 자료동화 시스템 자료 및 체계를 나타내는 도면이다.

[0020] 일 실시 예에 의하면, 다중 위성 기반 토양수분 자료 동화 시스템(10)은 전자 장치(1000)를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리 및 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 프로세서의 제어에 의해 지면 모델 적분 과정에 있어, 위성 토양 수분 자료를 자료동화하는 지면 자료 동화 과정을 수행할 수 있다.

[0021] 도 1을 참조하면, 자료동화에 사용되는 지면 모델은 기상청 현업 기후 예측 시스템(GloSea5)의 지면 모델로 사용중인 JULES Land surface 모델이고, JULES 지면 모델은 약 50km의 공간적 해상도를 지니며, 4개의 지면층으로 분리하여 물리 과정을 계산할 수 있다. 후술하는 도 2를 참조하여, JULES 지면 모델을 더 구체적으로 설명하기로 한다.

[0022] 도 2는 일 실시 예에 따른 JULES 지면 모델을 설명하기 위한 도면이다.

[0023] 도 2를 참조하면, JULES 지면 모델의 구체적인 설명이 도시된다. 일 실시 에에 의하면, JULES 지면 모델의 대기강제력 자료는 Precipitation(강수), Incoming Radiation(Shortwave, longwave, 복사자료), Surface wind(바람), Surface Pressure(지표면 기압), Surface humidity(지표면 습도) 중 적어도 하나의 자료를 포함할 수 있다.

[0024] 본 개시에 따른 전자 장치는 모두 JRA-55 재분석 자료를 사용하며, 특히 대기강제력 자료 중 강수자료가 제일 중요한데, 본 개시에 따른 방법은 더욱 현실적인 강수 자료 모의를 위해 GSMAP 및 CMAP의 위성 기반 강수 자료를 통해 JRA-55 재분석 자료 기반 강수자료를 보정하여 사용할 수 있다. 위도 60-60도 지역은 위성자료를 이용하여 CMAP의 평균장과 GSMAP의 편차장을 이용하여 강수자료를 만들었으며, 그 이외의 고위도 지역은 CMAP의 평균장에 JRA-55 편차장을 이용하여 강수자료를 표현할 수 있다.

[0025] 일 실시 예에 의하면 토양 수분의 위성 자료로는 4개의 위성 자료(SMAP, SMOS, ASCAT, AMSR2)를 사용할 수 있으며, 각 위성토양 수분자료의 설명은 후술하는 도 3을 참조하여 구체적으로 설명한다. 본 개시에 따른 전자 장치는 4개의 위성으로부터 위성 토양 수분 자료를 획득할 수 있고, 지면 모델의 4개층 중 가장 윗층인 1층의 토양 수분 자료를 자료 동화하는데 사용할 수 있다.

[0026] 도 3은 다중 위성 토양 수분 자료를 설명하기 위한 도면이다.

[0027] 도 3을 참조하면, 다중 위성 토양 수분 자료의 구체적인 예들이 도시된다. 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 자료동화 기법으로 Local Ensemble Transform Kalman Filter(LETKF, Hunt et al; 2007) 기법을 사용할 수 있으며, 전체의 지역은 몇 개의 지역으로 나누어 독립적으로 계산하여 계산 비용을 절감할 수 있는 장점이 있다. 이하 도 4를 참조하여 전자 장치가 CDF(Cumulative Distribute Function) 매칭을 수행하는 과정을 구체적으로 설명하기로 한다.

[0028] 도 4는 다중 위성과 JULES 모델 CDF 예시를 나타내는 도면이다.

[0029] 일 실시 예에 의하면, 각각의 위성자료는 지면 모델의 토양 수분자료와는 서로 다른 CDF 분포를 보이며, 이는 위성 자료의 값이 그대로 지면 모델에 들어가게 되면 순간적인 불일치, 쇼크 및 불확실성을 일으킬 수 있음을 의미한다.

[0030] 따라서, 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 각각의 격자마다 4개의 위성 토양 수분 자료를 지면 모델인 JULES의 토양 수분 자료로 변환하여 자료동화 관측 자료로 사용할 수 있다. 전자 장치가 다중 위성 자료의 모델 격자로의 전처리 과정의 방법은 후술하는 도 5를 참조하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0031] 도 5는 다중 위성 자료의 모델 격자로의 전처리 변환 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0032] 도 5를 참조하면, 전자 장치(1000)가 위성 토양 수분 자료를 모델 격자로 변환하는 전처리 과정의 예가 도시된다. 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 각 위성별로 모델의 격자안에 포함하는 관측 자료를 거리에 반비례 가중치를 주어 격자 대표값을 계산할 수 있다. 전자 장치(1000)는 토양 수분 관측 값뿐만 아니라, 관측 에러 값도 같은 방법으로 계산하여 위성 격자에서 모델 격자로의 변환 과정을 수행할 수 있다.

[0033] 도 6은 위성 토양 수분 자료 및 자료동화 업데이트 예시를 설명하기 위한 도면이다.

[0034] 도 6을 참조하면, 전자 장치(1000)가 위성 토양 수분 자료 및 자료 동화 업데이트 예시가 도시된다. 일 실시 예

에 의하면, 각 시간 대 별로 위성이 지나가는 경로는 위성마다 다를 수 있다. 따라서, 본 개시에 따른 전자 장치(1000)는 전자 장치와 연결된 4개의 다중 위성 모두로부터, 4개의 위성 토양 수분 자료를 획득하고, 획득된 4개의 위성 토양 수분 자료를 자료동화에 사용하는 경우, 1개의 위성 자료를 사용하는 경우 대비하여 전지구적으로 많은 지역에 위성 관측 자료의 영향이 들어간 자료 동화를 수행할 수 있다. 이는 공간적으로 넓은 범위에서 토양 수분 모의 성능 증가를 기대할 수 있는 장점이 있다.

[0035] 도 7은 자료동화 시스템 및 LETKF를 설명하기 위한 도면이다.

[0036] 본 개시에 따른 전자 장치(1000) 또는 전자 장치를 포함하는 자료동화 시스템은 3시간 간격으로 위성 토양 수분 자료를 자료동화할 수 있다. 일 실시 예에 따른 지면 모델인 JULES는 적분과정에서 3시간 마다 DUMP FILE(중간 자료)를 생성하며, 중간 자료에서 토양수분 자료를 모델 BACKGROUND 자료로 사용하며, 사용하는 모델 앙상블의 개수는 12개일 수 있다.

[0037] 일 실시 예에 따른 관측 자료로, 전자 장치(1000)는 전처리가 완료된 4개의 위성 토양 수분 자료를 사용할 수 있으며, 업데이트된 분석장(Analysis)은 새로운 DUMP FILE로 저장이 되어, 모델의 적분은 이 DUMP FILE을 초기장으로 3시간씩 적분을 수행할 수 있다. 전자 장치(1000)는 자료동화하는 과정에서 토양 수분의 질적 보증을 위해 토양이 얼어있는 부분, 눈으로 덮인 부분, 강수가 많은 지역, 숲이 많은 지역은 자료동화를 수행하지 않을 수 있다.

[0038] 도 8은 일 실시 예에 따른 전자 장치의 블록도이다.

[0039] 일 실시 예에 따른 전자 장치(1000)는 하나 이상의 인스트럭션을 저장하는 메모리(1700), 상기 하나 이상의 인스트럭션을 실행하는 적어도 하나의 프로세서(1300)를 포함할 수 있다. 그러나 도시된 구성 요소가 모두 필수 구성요소인 것은 아니며, 도시된 구성 요소보다 많은 구성 요소에 의해 전자 장치(1000)가 구현될 수도 있다. 일 실시 예에 의하면, 전자 장치(1000)는 네트워크 인터페이스(미도시)를 더 포함할 수도 있다.

[0040] 프로세서(1300)는, 통상적으로 전자 장치(1000)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 프로세서(1300)는, 메모리(1700)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 도 1 내지 도 7에 도시된, 다중 위성 기반 토양 수분 자료를 획득하고, 획득된 다중 위성 기반 토양 수분 자료를 자료동화하는 방법을 수행할 수 있다.

[0041] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득하고, 상기 획득된 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 전처리하고, 전지구 토양 수분 표현을 위한 지면 모델 적분 과정에서, 상기 전처리된 위성 토양 수분 자료를 자료동화 할 수 있다.

[0042] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 다중 위성 SMAP, SMOS, ASCAT 또는 AMSR2 중 적어도 하나로부터 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득할 수 있다.

[0043] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 Local Ensemble Transform Kalman Filter(LETKF, Hunt) 기법을 이용하여, 상기 위성 토양 수분 자료를 자료 동화함으로써, 독립적 계산에 따른 계산 비용을 절감할 수 있다.

[0044] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 JRA-55 재분석 자료를 기반으로, 상기 대기강제력 자료 중, 강수자료를 보정하여 사용하고, 일부 위도 지역은 위성 토양 수분 자료를 이용하여 CMAP의 평균장과 GSMAP의 편차장을 이용하여 강수자료를 생성하고, 상기 일부 위도 지역을 제외한 나머지 고위도 지역은 CMAP의 평균장에 JRA-55 편차장을 이용하여 강수자료를 표현할 수 있다.

[0045] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 상기 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료에 대해, 각각의 격자마다 상기 다중위성 4개로부터 획득된 위성 토양 수분 자료를, 상기 지면 모델인 JULES의 토양 수분 자료로 변환하여 자료 동화의 관측자료로 사용할 수 있다.

[0046] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 관측점의 형태로 나타나는, 위성 별 위성 토양 수분 자료를 모델 격자로 변환함으로써 전처리할 수 있다.

[0047] 일 실시 예에 의하면, 프로세서(1300)는 위성별로 모델의 격자안에 포함하는 토양 수분 관측 자료를 거리에 반비례 가중치를 주어 격자 대푯값을 계산하고, 토양 수분 관측값뿐만 아니라 관측 에러 값도, 상기 토양 수분 관측 자료와 같은 방법으로 계산하여, 위성 격자에서 모델 격자로 변환할 수 있다.

[0048] 일 실시 예에 의하면, 네트워크 인터페이스(미도시)는 전자 장치(1000)가 외부 기상청 서버, 인공 위성, 또는 인공 위성 데이터를 관리하는 서버와 통신을 하게 하는 하나 이상의 구성 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, 네트워크 인터페이스(미도시)는 근거리 통신부, 이동 통신부 및 방송 수신부를 포함할 수 있다.

[0049] 근거리 통신부(short-range wireless communication unit)(미도시)는, 블루투스 통신부, BLE(Bluetooth Low Energy) 통신부, 근거리 무선 통신부(Near Field Communication unit), WLAN(와이파이) 통신부, 지그비(Zigbee) 통신부, 적외선(IrDA, infrared Data Association) 통신부, WFD(Wi-Fi Direct) 통신부, UWB(ultra wideband) 통신부, Ant+ 통신부 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 이동 통신부(미도시)는, 이동 통신망 상에서 기지국, 외부의 단말, 서버 중 적어도 하나와 무선 신호를 송수신한다. 여기에서, 무선 신호는, 음성 신호, 화상 통화 호 신호 또는 문자/멀티미디어 메시지 송수신에 따른 다양한 형태의 데이터를 포함할 수 있다.

[0051] 일 실시 예에 의하면, 네트워크 인터페이스(미도시)는 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로부터 적어도 하나의 위성 토양 수분 자료를 획득할 수 있다. 또한, 네트워크 인터페이스는 자료 동화된 자료들에 대한 정보를 전자 장치와 연결된 외부 디바이스로 전송할 수도 있다.

[0052] 메모리(1700)는, 프로세서(1300)의 처리 및 제어를 위한 프로그램을 저장할 수 있고, 전자 장치(1000)로 입력되거나 전자 장치(1000)로부터 출력되는 데이터를 저장할 수도 있다. 또한, 메모리(1700)는 전자 장치(1000)가 이용하는 자료동화 기법 알고리즘, 외부로부터 획득한 다중 위성 기반 토양 수분 자료, 지면 모델에 대한 정보 등을 저장할 수도 있다.

[0053] 일 실시 예에 의하면, 메모리(1700)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예를 들어 SD 또는 XD 메모리 등), 램(RAM, Random Access Memory) SRAM(Static Random Access Memory), 롬(ROM, Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.

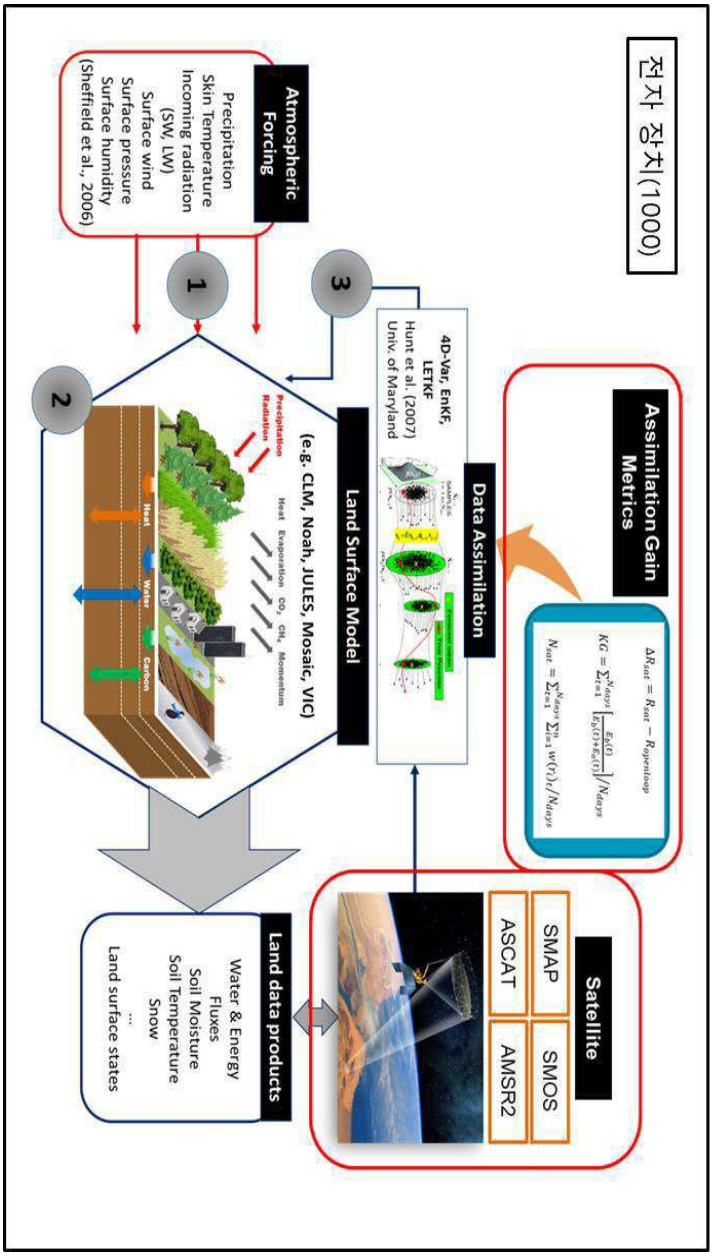
[0054] 일 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 개시를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.

[0055] 또한, 상기 일 실시 예에 다른 방법을 수행하도록 하는 프로그램이 저장된 기록매체를 포함하는 컴퓨터 프로그램 장치가 제공될 수 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.

[0056] 이상에서 본 개시의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 개시의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 개시의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 개시의 권리범위에 속한다.

도면

도면1


전자 장치(1000)
Atmospheric Forcing
Precipitation
Skin Temperature
Incoming radiation (SW, LW)
Surface wind
Surface pressure
Surface humidity
(Sheffield et al., 2006)
1
2
3
Land Surface Model
(e.g. CLM, Noah, JULES, Mosaic, VIC)
Data Assimilation
4D-Var, EnKF, LETKF
Hunt et al. (2007)
Univ. of Maryland
Assimilation Gain Metrics
Satellite
SMAP
SMOS
ASCAT
AMSR2
Land data products
Water & Energy Fluxes
Soil Moisture
Soil Temperature
Snow
...
Land surface states

10

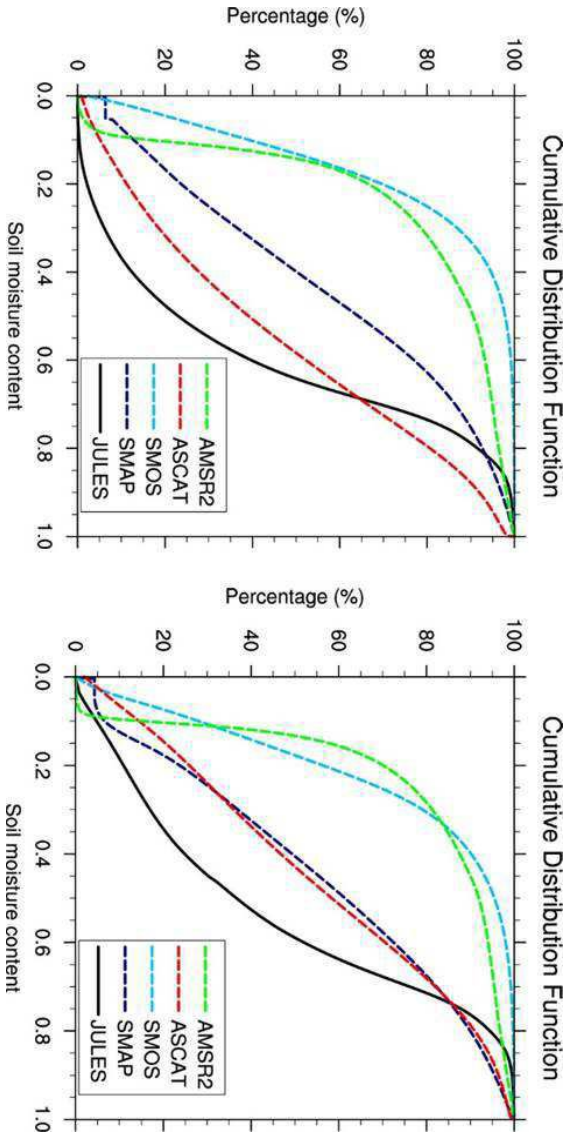
도면2

	Information
Land cover	**Five Plant Functional Types (PFTs)**: Broadleaf trees, Needleleaf trees, C3 (temperate) grass, C4 (tropical) grass, Shrubs **Four non-vegetation types**: Urban, Inland water, Bare soil, Land-ice *The surface related parameters (e.g., albedo, roughness length) are specified by vegetated and non-vegetated.*
Resolution	0.5°×0.5° (~50km) / 4 layers (0.1, 0.25, 0.65, and 2 meters)
Scheme	Met Office Surface Exchange Scheme (MOSES; Cox et al., 1999; Essery et al., 2003)
Prognostic variables	**Canopy** (canopy water for snow-free land tiles [kg/m^2]) **Cs** (Carbon in each soil pool [kgC/m^2]) **Gs** (surface conductance to evaporation [m/s]) **Snow_tile** (Tile snow on ground [kg/m^2]) **Sthuf** (moisture content as a fraction of saturation) **t_soil** (Sub-surface temperature [K]) **Tstar_tile** (Tile surface temperature [K]) **Rho_snow** (Tile bulk density of snow [kg/m^3]) **Snow_depth** (Tile snow depth [m])

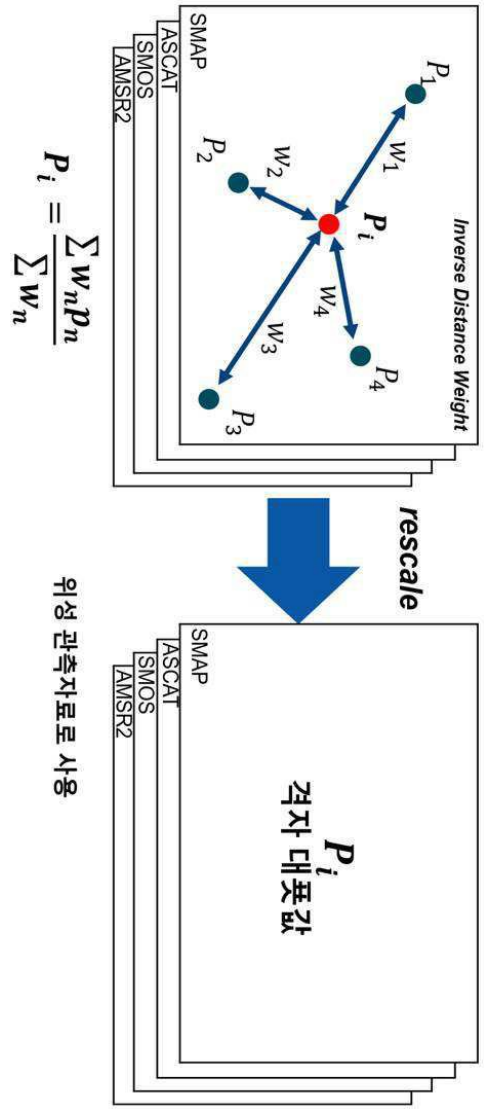
도면3

Soil moisture datasets	Data type and frequency	Observational error	Sampling depth and unit	Temporal coverage / Spatial resolution	Reference
SMAP (NSIDC)	L-band (1.4 GHz), passive	0.04 m^3/m^3	~ 5 cm (m^3/m^3)	2015-present / 36 km	*Chan et al., (2016)*
SMOS (ESA)	L-band (1.4 GHz), passive	0.04 m^3/m^3	~ 5 cm (m^3/m^3)	2010-present / 36 km	*Kerr et al., (2010)*
ASCAT (EUMETSAT)	C-band (5.3 GHz), active	10 % saturation ratio of soil moisture	~ 2 cm (% saturation ratio of soil moisture)	2007-present / 25 km	*Wagner et al., (2013) Dorigo et al., (2010)*
AMSR2 (NASA)	C-band (7.3 GHz), passive	0.08 m^3/m^3	~ 2 cm (m^3/m^3)	2012-present / 10 km	*Manfred Owe, (2014) Parinussa et al., (2015)*

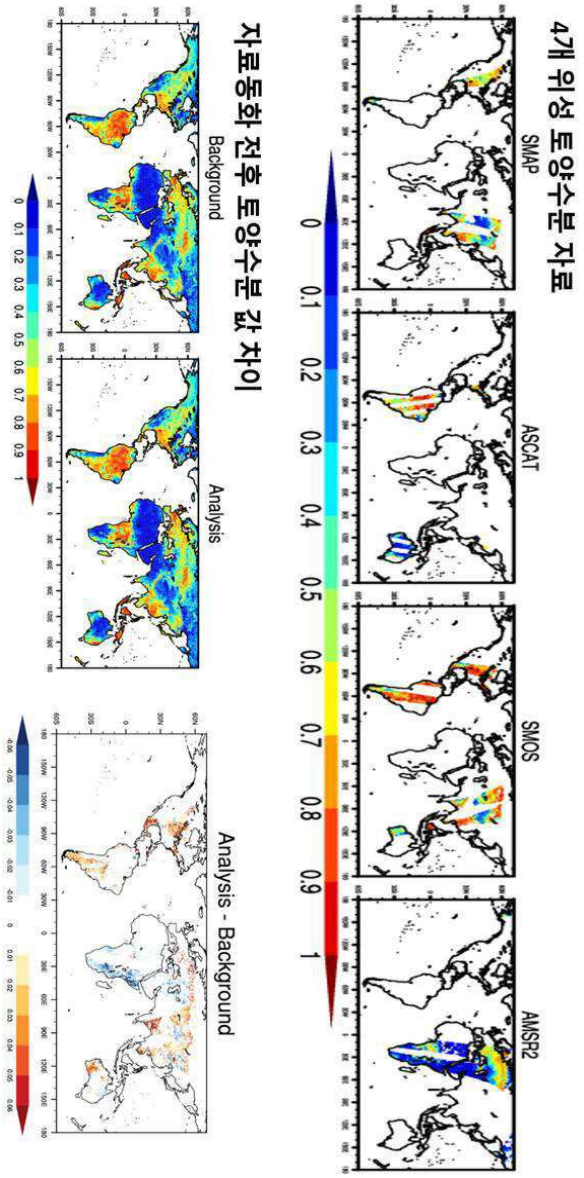
도면4


Percentage (%)
0
20
40
60
80
100
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Soil moisture content
Cumulative Distribution Function
AMSR2
ASCAT
SMOS
SMAP
JULES
Percentage (%)
0
20
40
60
80
100
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Soil moisture content
Cumulative Distribution Function
AMSR2
ASCAT
SMOS
SMAP
JULES

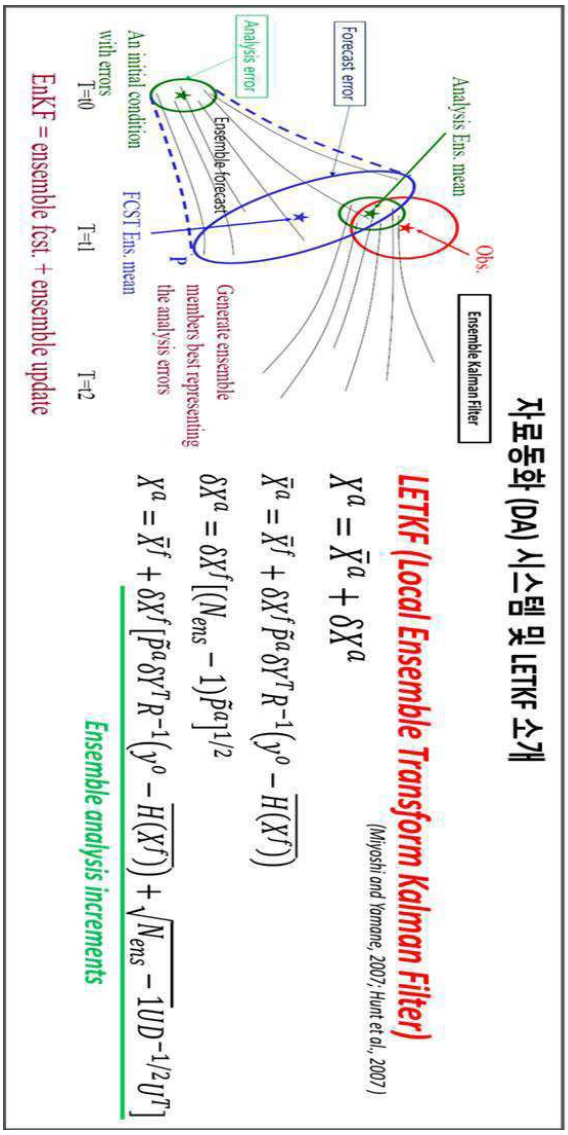
도면5


위성 관측자료로 사용
SMAP
ASCAT
SMOS
AMSR2
격자 대푯값
rescale
Inverse Distance Weight
P_1
P_2
P_3
P_4
P_i
w_1
w_2
w_3
w_4
$P_i = \frac{\sum w_n p_n}{\sum w_n}$

도면6


4개 위성 토양수분 자료
SMAP
ASCAT
SMOS
AMSR2
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
자료동화 전후 토양수분 값 차이
Background
Analysis
Analysis - Background

도면7


자료동화 (DA) 시스템 및 LETKF 소개
Ensemble Kalman Filter
Analysis Ens. mean
Obs.
Forecast error
Analysis error
Ensemble forecast
Generate ensemble members best representing the analysis errors
An initial condition with errors
T=0
FCST Ens. mean
T=1
T=2
EnKF = ensemble fcst. + ensemble update
LETKF (Local Ensemble Transform Kalman Filter)
(Miyoshi and Yamane, 2007; Hunt et al., 2007)
$X^a = \bar{X}^a + \delta X^a$
$\bar{X}^a = \bar{X}^f + \delta X^f \tilde{P}^a \delta Y^T R^{-1}(y^o - \overline{H(X^f)})$
$\delta X^a = \delta X^f [(N_{ens} - 1)\tilde{P}^a]^{1/2}$
$X^a = \bar{X}^f + \delta X^f [\tilde{P}^a \delta Y^T R^{-1}(y^o - \overline{H(X^f)}) + \sqrt{N_{ens} - 1} U D^{-1/2} U^T]$
Ensemble analysis increments

도면8

