



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0071042
(43) 공개일자 2020년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/10 (2006.01) G01W 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01W 1/10 (2013.01)
G01W 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0163826
(22) 출원일자 2019년12월10일
심사청구일자 2019년12월10일
(30) 우선권주장
1020180158104 2018년12월10일 대한민국(KR)

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
최용상
서울특별시 용산구 이촌로71길 10, 217동 2004호 (이촌동, 한가람아파트)
이권민
서울특별시 강서구 화곡로20길 46, 1층(화곡동)
김혜실
서울특별시 강남구 언주로 110, 3동 1102호(개포동, 강남아파트)
(74) 대리인
특허법인 무한

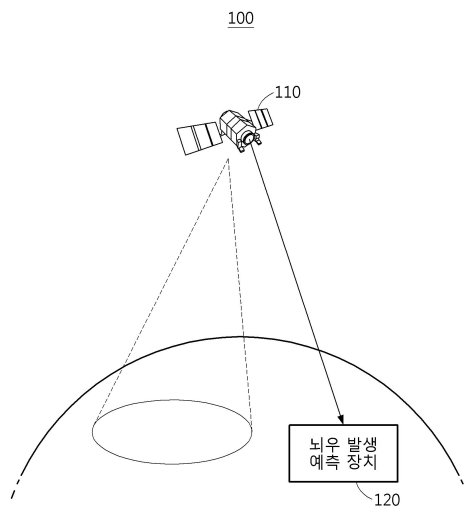
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 열대성 뇌우 발생 예측 방법

(57) 요약

열대성 뇌우 발생 예측 방법이 개시된다. 열대성 뇌우 발생 예측 방법은 위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신하는 단계; 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 상기 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 단계; 최소 밝기 온도(Minimum BT)를 이용하여 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정하는 단계; 및 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 및 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 기초하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01W 2201/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1365002967

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업기술원

연구사업명 미래유망 민간기상서비스 성장기술개발(R&D)

연구과제명 동남아 개발도상국에 적합한 모바일 재해/재난경보 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 이화여자대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신하는 단계;

밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 상기 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 단계;

최소 밝기 온도(Minimum BT)를 이용하여 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정하는 단계; 및

상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 및 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 기초하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습하는 단계

를 포함하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신하는 단계는,

상기 위성으로부터 적외선 채널을 통해 측정된 이미지 데이터를 수신하고,

상기 식별하는 단계는,

상기 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량을 통해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 적외선 채널은,

10.45 μm 의 파장을 이용하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정하는 단계는,

상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 상기 최소 밝기 온도가 미리 설정된 임계치 이하인 픽셀들 중 상기 최소 밝기 온도의 변화량이 음에서 양으로 변화하는 최초의 시점에 대응하는 픽셀을 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀로 결정하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 5

위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신하는 단계;

밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 상기 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 단계;

상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 대한 최소 밝기 온도(Minimum BT)의 변화를 뇌우 예측 알고리즘에 적용함으로써 상기 특정 영역 중 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀을 예측하는 단계

를 포함하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수신하는 단계는,

상기 위성으로부터 적외선 채널을 통해 측정된 이미지 데이터를 수신하고,

상기 식별하는 단계는,

상기 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량을 통해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 적외선 채널은,

10.45 μm 의 파장을 이용하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 뇌우 예측 알고리즘을 통해 예측된 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀에 대응하는 특정 영역에 대한 폭우 가능성을 판단하는 단계; 및

상기 판단된 폭우 가능성에 대응하는 위험도의 수준에 따라 서로 다른 대응 방안을 제공하는 단계

를 더 포함하는 열대성 뇌우 발생 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 열대성 뇌우 발생 예측 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 고해상도의 위성 영상을 이용하여 열대성 뇌우의 진보된 예측 가능성을 정량화 하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 기후 변화 적응과 재난 위험 관리의 통합은 점점 더 중요한 문제이다. 예기치 않은 자연 재해가 최근의 따뜻한 기후에서 더 빈번하고 집중적으로 나타나기 때문이다. 동남 아시아는 열대성 저기압, 홍수, 가뭄 및 해수면 상승과 같은 기후 관련 위험의 결합으로 인해 가장 취약한 지역이다. 이러한 위험은 광범위한 경제적 손실, 환경 악화 및 그로인한 인명 피해를 초래할 수 있다.

[0003] 이러한 위험을 줄이려면 정확한 일기 예보가 중요하다. 극한의 기상 현상은 동시에 또는 연속적으로 여러 가지 위험을 수반 할 수 있다. 예를 들어, 강한 바람과 폭우 이외에 열대성 폭풍으로 인해 홍수와 산사태가 발생할 수 있다. 따라서 초기 구름이 성숙된 상태에서 호우나 번개가 동반 될 가능성이 높기 때문에 재난 피해를 줄이기 위해 성숙되기 전 초기 구름을 신속하게 탐지하는 방법이 중요하다. 그러나 현재의 수치 기상 예측 모델은 대개 수명이 짧은 대류 구름 지역보다 더 거친 시공간 해상도를 갖기 때문에 대류 시스템을 예측하는 것이 어려울 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 고해상도의 위성 영상을 이용하여 열대성 뇌우의 진보된 예측 가능성을 정량화 하는 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0005] 본 발명의 일실시예에 따른 열대성 뇌우 발생 예측 방법은 위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신하는 단계; 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 상기 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 단계; 최소 밝기 온도(Minimum BT)를 이용하여 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정하는 단계; 및 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 및 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 기초하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0006] 상기 수신하는 단계는 상기 위성으로부터 적외선 채널을 통해 측정된 이미지 데이터를 수신하고, 상기 식별하는 단계는 상기 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량을 통해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있다.
- [0007] 상기 적외선 채널은 10.45 μm 의 파장을 이용할 수 있다.
- [0008] 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정하는 단계는 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 상기 최소 밝기 온도가 미리 설정된 임계치 이하인 픽셀을 상기 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀로 결정할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 일실시예에 따른 열대성 뇌우 발생 예측 방법은 위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신하는 단계; 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 상기 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별하는 단계; 상기 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 대한 최소 밝기 온도(Minimum BT)의 변화를 뇌우 예측 알고리즘에 적용함으로써 상기 특정 영역 중 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀을 예측하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 수신하는 단계는 상기 위성으로부터 적외선 채널을 통해 측정된 이미지 데이터를 수신하고, 상기 식별하는 단계는 상기 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량을 통해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있다.
- [0011] 상기 적외선 채널은 10.45 μm 의 파장을 이용할 수 있다.
- [0012] 상기 뇌우 예측 알고리즘을 통해 예측된 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀에 대응하는 특정 영역에 대한 폭우 가능성을 판단하는 단계; 및 상기 판단된 폭우 가능성에 대응하는 위험도의 수준에 따라 서로 다른 대응 방안을 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명은 고해상도의 위성 영상을 이용하여 열대성 뇌우의 진보된 예측 가능성을 정량화 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 열대성 뇌우 발생 예측 시스템을 도시한 도면이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 뇌우 예측 알고리즘의 학습 방법을 도시한 도면이다.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 뇌우 발생 예측 방법을 도시한 도면이다.
 도 4 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 저해상도 이미지 데이터 및 고해상도 이미지 데이터를 각각 이용하여 뇌우 예측의 비교를 수행한 실제 예를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 열대성 뇌우 발생 예측 시스템을 도시한 도면이다.
- [0017] 도 1을 참고하면, 본 발명의 열대성 뇌우 발생 예측 시스템(100)은 위성(110)을 통해 주기적으로 수신된 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 이용하여 열대성 뇌우의 발생을 예측하는 방법을 제공할 수 있다. 열대성 뇌우 발생 예측 시스템(100)은 정지 위성을 통해 수집된 이미지 데이터를 이용하여 열대성 뇌우의 발생 여부를 예측할 수 있는데 일례로, 일본 기상청이 운영하는 Himawari-8 위성을 통해 수집된 이미지 데이터를 이용할 수 있다. 이와 같은 Himawari-8 위성은 뇌우 발생을 예측하고자 하는 특정 영역에 대한 고해상도 이미지를 주기적으로 수집할 수 있는데, 보다 구체적으로 수집되는 고해상도 이미지는 2km 간격으로 10분 단위로 수집될 수 있다.

- [0018] 뇌우 발생 예측 장치(120)는 이와 같이 위성(110)에서 수집된 고해상도의 이미지 데이터를 수신하여 특정 영역에 대한 열대성 뇌우의 발생을 예측할 수 있다. 구체적으로 뇌우 발생 예측 장치(120)는 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 특정 영역에 대해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있으며, 최소 밝기 온도(Minimum BT)를 이용하여 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정할 수 있다.
- [0019] 뇌우 발생 예측 장치(120)는 이와 같은 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 및 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 기초하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습할 수 있다. 그리고 뇌우 발생 예측 장치(120)는 이와 같은 뇌우 예측 알고리즘을 통해 뇌우 발생을 예측하고자 하는 특정 영역에 대해 발생 가능한 뇌우를 사전에 정확히 예측함으로써 갑작스러운 재난에 대응할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.
- [0020] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 뇌우 예측 알고리즘의 학습 방법을 도시한 도면이다.
- [0021] 단계(210)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신할 수 있다. 일례로, 뇌우 발생 예측 장치(120)가 수신하는 이미지 데이터는 특정 영역에 대해 2km 간격으로 10 분 단위로 수집된 데이터일 수 있다.
- [0022] 단계(220)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 특정 영역에 대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있다.
- [0023] 이때, 위성으로부터 수신되는 이미지 데이터는 적외선 채널을 통해 측정된 데이터일 수 있다. 일례로, 적외선 채널은 10.45 μm 의 파장을 이용할 수 있다. 위성이 적외선 채널을 이용하여 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 수집하는 이유는 적외선 채널에 대응하는 10.45 μm 의 파장이 다른 적외선 밴드보다 대기 중의 오존 또는 수증기에 덜 민감하기 때문이다.
- [0024] 뇌우 발생 예측 장치(120)는 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량에 기초하여 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있다. 일례로, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 적외선 채널의 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들의 밝기 온도에 대한 시간에 따른 변화량이 10분 당 5K 이상의 감소를 나타내는 경우, 해당 픽셀을 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀로 판단할 수 있다.
- [0025] 단계(230)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 최소 밝기 온도(Minimum BT)를 이용하여 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 결정할 수 있다. 구체적으로 뇌우 발생 예측 장치(120)는 상기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 최소 밝기 온도가 미리 설정된 임계치 이하인 픽셀들 중 최소 밝기 온도의 변화량이 음에서 양으로 변화하는 최초의 시점에 대응하는 픽셀을 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀로 결정할 수 있다. 일례로, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀들 중 최소 밝기 온도가 230K 이하로 감소하는 경우, 해당 픽셀을 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀로 판단할 수 있다. 이는 최소 밝기 온도가 230K 근처인 경우, 뇌우에서 얼음 구름 유효 반경이 최대화 되었음을 의미할 수 있고, 구름 방울의 크기가 구름 성장률에 영향을 미치기 때문에 얼음 구름 유효 반경이 최대화 되었는 것은 비 형성과 밀접한 관련이 있음을 나타낼 수 있기 때문이다. 즉, 다시 말하자면, 최소 밝기 온도가 230 근처인 경우, 구름을 형성하는 구름 방울들이 얼음입자를 이루면서 구름 방울의 반경이 최대화될 가능성이 높아질 수 있다. 이를 통해 구름 방울의 크기가 성장함에 따라 구름이 높게 발달하면서 차가운 얼음구름으로 변화하고 강수량을 동반한 확률도 높아질 수 있다.
- [0026] 단계(240)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 및 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 기초하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습할 수 있다. 보다 구체적으로 뇌우 발생 예측 장치(120)는 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀과 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 사이에 대응하는 최소 밝기 온도의 변화를 이용하여 뇌우 예측 알고리즘을 학습할 수 있다. 이를 통해 뇌우 발생 예측 장치(120)는 향후 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에서 초기 상태의 뇌우를 식별한 경우, 뇌우 예측 알고리즘을 통해 성숙 상태의 뇌우로 발전할 가능성을 판단할 수 있다. 보다 자세한 뇌우 발생 예측 방법은 다음의 도 3을 통해 설명하도록 한다.
- [0027] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 뇌우 발생 예측 방법을 도시한 도면이다.
- [0028] 단계(310)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 뇌우 발생 예측 장치(120)는 위성으로부터 뇌우 발생 예측을 위한 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 주기적으로 수신할 수 있다. 일례로, 뇌우 발생 예측 장치(120)가 수신하는 이미지 데이터는 특정 영역에 대해 2km 간격으로 10 분 단위로 수집된 데이터일 수 있다.
- [0029] 단계(320)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 밝기 온도(Brightness Temperature, BT)를 이용하여 특정 영역에

대해 주기적으로 수신된 이미지 데이터를 구성하는 픽셀들 중 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별할 수 있다.

[0030] 단계(330)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀에 대한 최소 밝기 온도(Minimum BT)의 변화를 뇌우 예측 알고리즘에 적용함으로써 특정 영역 중 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀을 예측할 수 있다. 위에서 언급한 바와 같이 뇌우 예측 알고리즘은 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀과 성숙 상태의 뇌우가 발생한 픽셀 사이에 대응하는 최소 밝기 온도의 변화를 이용하여 학습될 수 있다. 따라서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 특정 영역에 대한 이미지 데이터를 통해 초기 상태의 뇌우가 발생한 픽셀을 식별한 경우, 뇌우 예측 알고리즘을 통해 해당 픽셀이 성숙 상태의 뇌우로 발전할 가능성이 있는지의 여부를 판단할 있다.

[0031] 단계(340)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 뇌우 예측 알고리즘을 통해 예측된 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀에 대응하는 특정 영역에 대하여 폭우 가능성을 판단할 수 있다. 예를 들어, 뇌우 예측 알고리즘을 통해 예측된 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀의 밝기 온도의 패턴이 230K 이하로 계속 발달하는 경우, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 구름의 성숙도가 짙어지는 것으로 인식하고, 갑작스럽게 많은 양의 폭우가 내릴 가능성이 높다고 판단할 수 있다.

[0032] 마지막으로 단계(350)에서, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 판단된 폭우 가능성에 대응하는 위험도의 수준에 따라 서로 다른 대응 방안을 제공할 수 있다. 일례로, 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀에 대응하는 특정 영역에 대해 폭우 가능성이 낮다고 판단되어 위험도의 수준이 낮은 경우, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 단순히 시설물 관리에 주의를 기울이도록 제안할 수 있다. 이와는 달리 성숙 상태의 뇌우가 발생 가능한 픽셀에 대응하는 특정 영역에 대해 폭우 가능성이 높다고 판단되어 위험도의 수준이 높은 경우, 뇌우 발생 예측 장치(120)는 해당 특정 영역에 거주하는 시민들에게 대피 경고를 제공하도록 제안할 수 있다.

[0033] 도 4 내지 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 저해상도 이미지 데이터 및 고해상도 이미지 데이터를 각각 이용하여 뇌우 예측의 비교를 수행한 실제 예를 도시한 도면이다.

[0034] 본 발명에서 뇌우 예측을 위해 조사 된 지역은 10 ~ 20°N, 100 ~ 120°E이며 메콩 강위원회(Mekong River Commission)에 의해 면밀히 모니터링 될 수 있다. 메콩 강위원회(MRC)는 캄보디아, 라오스, 태국, 베트남 정부와 직접 협력하여 메콩 강의 지속 가능한 발전을 공동으로 관리하는 유일한 정부 간 기구이다. 불행히도 이 지역은 극심한 날씨의 위험 때문에 취약한 재난 지역으로 알려져 있다. 따뜻한 대기는 더 많은 수분을 함유 할 가능성이 있으므로 다른 조건이 같은 경우 뇌우가 발생할 가능성이 높아진다. 지구 기후 변화와 관련된 온도 상승은 일반적으로 뇌우 강도와 관련 강우 사건을 증가시키는 것으로 추정되었다.

[0035] 열대성 뇌우 후 발생하는 재난은 우기 동안 흔할 수 있다. 도 1은 2015 년 8 월 19 일 05:50 UTC 에 찍은 연구 지역의 Himawari-8 Advanced Himawari Imager (AHI) 빨강-녹색-파랑 (RGB) 이미지이다. 여러 대류 구름이 해당 연구 지역의 남쪽 부분에 표시되는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 열대의 일주기에서 해양 심층 대류는 일반적으로 아침에 피크에 도달하는 경향이 있으며, 저녁에는 대류 대류가 피크에 도달할 수 있다. 따라서 열대 지방에 대한 특정 주기로 인해 뇌우 발생 가능성이 더 높은 03 : 00-06 : 50 UTC (낮) 및 21 : 00-00 : 50 UTC (야간) 간격으로 관측을 수행할 수 있다.

[0036] 아래의 표 1은 2 시간 내에 선택된 성장중인 대류 구름의 수를 나타낸다.

[0037] <표 1>

Month	Observation time	Sample number
July 2017	03:00-06:50 UTC (daytime)	20
	21:00-00:50 UTC (nighttime)	10
August 2017	03:00-06:50 UTC (daytime)	20
	21:00-00:50 UTC (nighttime)	10

[0038]

[0039] 이미 성장된 구름을 제외한 60 개의 구름에 대응하는 흐린 픽셀이 2017 년 7 월과 8 월의 03 : 00-06 : 50 UTC (낮) 및 21 : 00-00 : 50 UTC (야간)에 처음 감지되어 선택되었다.

[0040] Himawari-8 위성은 동남아시아를 관측 할 수 있는 정지형 기상 위성들 중 하나이다. Himawari-8은 16 개의 스펙

트럼 대역을 가지고 있으며, 아래의 표 2에 제시된 것과 같이 종래의 위성들보다 11 개의 스펙트럼 대역이 많다. Himawari-8은 5 개의 영역을 스캔 할 수 있으며 각 영역은 시간주기가 다를 수 있다.

<표 2>

	Himawari-8		MTSAT-1R/2	
Spatial resolution	Band 3	0.5 km	Band 3	1 km
	Bands 1, 2, and 4	1 km		
	Bands 5-16	2 km	Bands 7, 8, 13, and 15	4 km
Time interval	Full disk	10 min	Full disk	30 min
	Japan area and target area	2.5 min		
	Landmark area	0.5 min		

일례로, 일본 영역과 타겟 영역은 2.5 분마다 스캔될 수 있고, 랜드 마크 영역은 0.5 분마다 스캔 될 수 있다. 또한 본 발명에서 Himawari-8은 연구의 관심 영역에서 전체 디스크를 기준으로 10 분마다 대류 구름 관측을 수행할 수 있다.

16 개의 기존 대역 중 10.45 μm 의 밝기 온도(BT11)가 구름의 수직 성장을 모니터링하는 데 사용될 수 있다. 10.45 μm 의 파장은 다른 적외선 밴드보다 대기 중의 오존 또는 수증기에 덜 민감할 수 있다. 따라서 적운과 대류 구름에 대한 BT11은 구름 상단 온도와 밀접한 관련이 있을 수 있다. 구름이 수직으로 발달함에 따라 구름 상단이 더 차가울수록, 그리고 구름 두께가 더 두꺼울수록 BT11이 감소될 수 있다. 본 발명은 고해상도 이미지 데이터를 수집하는 Himawari-8과 저해상도 이미지 데이터를 수집하는 MTSAT-1R/2에 공통적인 채널인 10.45 μm 의 적외선 대역을 사용할 수 있다.

본 발명에서 수행하는 뇌우 예측의 비교를 위해 MTSAT-1R/2의 해상도와 유사한 가상 데이터를 생성할 수 있다. 구체적으로, 2km의 해상도에서 4개의 픽셀이 4km의 해상도에서 1 개의 픽셀로 변환되었고, 시간 간격이 10 분에서 30 분으로 증가되었다. 즉, 30 분마다 구름을 관찰하는 과정에서 2km의 해상도로 평균 4 픽셀의 평균으로 계산되었다.

해상도에 따라 감지된 흐린 픽셀의 수는 도 5와 같이 제공될 수 있다. 열대 뇌우는 12km x 12km 픽셀 영역에 있는 것으로 식별될 수 있는데 어두운 회색 음영은 감지된 흐린 픽셀을 나타내고, 밝은 회색 음영은 선명한 하늘 픽셀을 나타낼 수 있다. 4km 해상도 이미지를 사용하면 중간 영역에서 2 개의 픽셀만 흐린 픽셀로 감지되나 2km 해상도 이미지를 사용하면 중간 영역에서 18 개의 흐린 픽셀을 감지 할 수 있다.

즉, 고해상도 이미지 데이터를 이용하는 경우, 곡선 경계에 위치한 흐린 픽셀을 감지 할 수 있었으나 저해상도 이미지 데이터를 이용하는 경우, 최소 BT11의 변화율을 단순화되는 경향이 있어 곡선 경계에서의 흐린 픽셀의 탐지는 다소 어려울 수 있다.

일례로, 동남아시아의 RGB 이미지를 기반으로 60 개의 뇌우가 주관적으로 선택되었다. 선택된 뇌우의 크기는 일반적으로 강수량에 수반되는 대류 규모 때문에 120km 미만인 것으로 결정되었다. 뇌우 크기에 따라 직사각형 대상 경계를 설정하고, 표적 경계에서 뇌우의 전체 수명주기에 대한 뇌우 픽셀 및 단계(초기 상태 또는 성숙 상태)를 결정하기 위해 BT11 값을 모니터링 하였다. BT11의 시간적 변화가 수직 드리프트 속도를 알려주기 때문에 구름의 현재 상태는 폭우나 번개가 임박한 확률을 진단하는 열쇠가 될 수 있다.

대상 경계의 뇌우 픽셀은 고해상도 이미지의 경우 10 분당 5K 이상, 저해상도 이미지의 경우 30 분당 15K 이상 BT11의 감소 추세를 통해 식별될 수 있다. 관찰 시간 동안, 초기 상태는 뇌우 픽셀이 목표 경계에서 처음 검출된 순간으로 정의될 수 있다. 그리고 성숙 상태는 뇌우 픽셀 중 최소 BT11이 230K 아래로 점차 감소한 마지막 순간으로 정의될 수 있다. 이는 230K 근처의 최소 BT11은 뇌우에서 열음 구름 유효 반경이 최대화된음을 의미하고, 큰 열음 구름 유효 반경은 구름 방울 크기가 구름 성장물에 영향을 미치기 때문에 비 형성과 밀접한 관련이 있을 수 있다.

리드 타임은 초기 상태와 성숙 상태 사이의 시간으로 정의될 수 있다. 도 6은 뇌우의 초기 상태 또는 성숙 상태에서 리드 타임을 계산하는 데 사용된 방법을 명확하게 보여줄 수 있다. 도 6의 실선은 뇌우 픽셀(2017 년 8 월 10 일, 03 : 10-05 : 50 UTC) 중 최소 BT11의 시간적 변화의 예를 나타낸다. 이때, 고해상도 이미지는 원으로 표시되고 저해상도 이미지는 삼각형으로 표시될 수 있다. 음의 시간은 열대 뇌우의 성숙한 상태보다 앞서는 시간을 나타낼 수 있다.

[0051] 결과적으로, 저해상도 이미지에 대한 표적 뇌우의 리드 타임은 30 분이었고, 고해상도 이미지에 대한 리드 타임은 160 분임을 알 수 있다. 도 6의 가장 흥미로운 점은 고해상도 이미지를 위한 뇌우 픽셀 중 최소 BT11의 시간적 변화 패턴이다. 뇌우의 BT11이 점차 감소 할 것으로 예상 할 수 있지만 대상 뇌우의 BT11은 초기 상태에서 -70 분으로 갈수록 감소하고, -70에서 -30 분으로 갈수록 약간 증가하였다. BT11의 감소는 클라우드의 수직 성장과 관련이 있다고 추측할 수 있으며, 일반적으로 열대 뇌우의 수명주기에서 관찰될 수 있다. 이와는 달리 저해상도 이미지의 BT11은 너무 간단하여 구름의 상태를 자세히 모니터링 할 수 없다.

[0052] 아래의 표 3에는 각 이미지 유형의 리드 타임이 표시된다. 고해상도 이미지의 경우 리드 타임은 90 분에서 180 분 사이이고, 반대로 저해상도 이미지는 최대 0-30 분 전에만 구름 픽셀을 감지하기 시작했다는 것을 알 수 있다. 여기서, 리드 타임 0은 저해상도 이미지가 구름 픽셀을 검출하지 못하고, 고해상도 이미지로 관찰된 구름이 성숙 상태에 도달했음을 나타낸다.

[0053] <표 3>

No.	Cloud scale (km)	Lead time (min)		Lead time difference (min) (A minus B)
		2 km and 10 min imagery (A)	4 km and 30 min imagery (B)	
1	120	180	60	120
2	104	160	30	130
3	120	140	30	110
4	120	180	30	150
5	120	180	60	120
6	40	130	30	100
7	40	140	0	140
8	44	120	0	120
9	64	120	30	90
10	40	180	60	120
11	40	130	0	130
12	48	90	0	90
13	96	180	60	120
14	104	120	0	120
15	120	140	30	110
16	80	180	60	120
17	56	100	0	100
18	80	180	30	150
19	96	180	0	180
20	56	100	0	100
21	40	160	0	160
22	72	150	30	120
23	120	140	30	110
24	96	120	30	90
25	84	130	0	130
26	100	180	60	120

[0054]

27	60	100	0	100
28	100	130	0	130
29	104	120	0	120
30	96	180	60	120
31	100	120	30	90
32	32	100	0	100
33	48	120	30	90
34	100	180	30	150
35	112	180	60	120
36	64	120	30	90
37	100	180	60	120
38	96	140	0	140
39	68	120	0	120
40	80	130	30	100
41	44	90	0	90
42	60	100	0	100
43	100	120	0	120
44	96	120	30	90
45	68	100	0	100
46	88	140	30	110
47	108	180	30	150
48	124	180	60	120
49	104	140	0	140

[0055]

50	100	120	0	120
51	120	130	30	100
52	66	110	0	110
53	80	130	0	130
54	120	180	60	120
55	120	100	0	100
56	40	180	30	150
57	56	180	0	180
58	56	100	0	100
59	88	160	0	160
60	92	180	30	150

[0056]

[0057]

본 발명에서 고해상도 이미지는 뇌우의 예측 가능성이 높았으며, 이는 최대 180 분이고, 반면에 저해상도 이미지는 뇌우의 예측 가능성이 낮았으며, 최대 60 분인 것을 확인 할 수 있다.

[0058]

도 7은 서로 다른 분해능 간의 리드 타임 차이의 원인을 결정하는 데 사용되는 BT11의 공간 분포를 보여준다. 도 4의 (a)와 (b)는 저해상도 이미지와 고해상도 이미지를 통해 뇌우 발생을 나타낸 결과이다. 관찰 시간 간격 내에서 BT11의 변화량은 초기 상태를 결정하는 것과 밀접한 관련이 있다. 도 4의 (a)에서, BT11의 변화가 15K 이상인 픽셀은 30 분마다 뇌우로 인식되고, 도 4의 (b)에서, BT11의 변화가 5K 이상인 픽셀은 10 분마다 뇌우로 인식될 수 있다.

[0059]

즉, 관찰 시간 간격에 비례하는 BT11 변화로 인해 저해상도 이미지를 사용하여 초기 상태를 감지하는 데 어려움이 발생할 수 있다. 또한, 도 4의 (a)는 구름의 경계가 03:00부터 04:00 UTC 까지 명확하지 않다는 것을 보여주며, 저해상도 이미지가기 때문에 이미지 크기가 2 ~ 4km 인 흐린 픽셀을 감지 할 수 없어 04:00부터 05:00 UTC까지 지속적으로 폭풍을 추적하는 데 한계가 있는 것으로 보인다.

[0060]

이와는 달리 도 4의 (b)는 거의 270K (주황색) 인 경계의 BT11과 거의 250K (녹색) 인 흐린 픽셀의 영역을 보여준다. 흥미롭게도, 도 4의 (b)에서 작은 구름이 04:00에서 04:50 UTC 사이에 형성되었지만 230K (파란색) 미만인 지배적 구름 하나가 04:50에서 05:50 UTC 사이에 크게 늘어난 것을 알 수 있습니다. 이러한 현상은 빠르게 발전하는 뇌우의 특성을 고해상도 이미지로 포착 할 수 있음을 나타낼 수 있으며, 따라서, 고해상도 이미지는

BT11의 변화를 정확하게 모니터링 할 수 있고 초기 그룹의 검출에 유리할 수 있음을 보여준다.

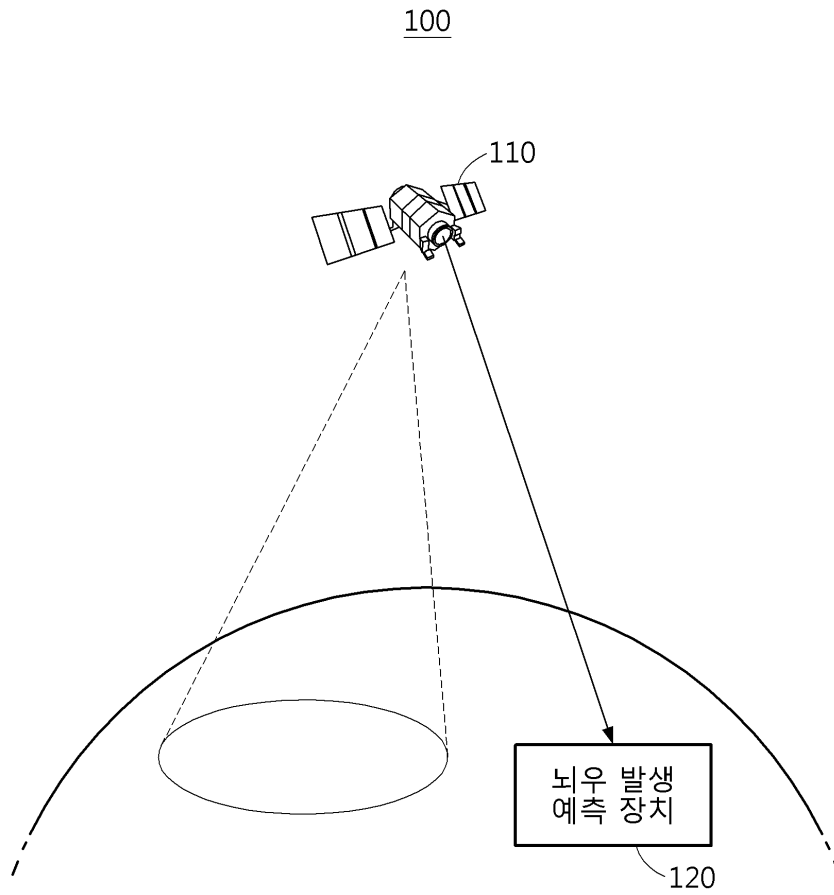
- [0061] 한편, 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성되어 마그네틱 저장매체, 광학적 판독매체, 디지털 저장매체 등 다양한 기록 매체로도 구현될 수 있다.
- [0062] 본 명세서에 설명된 각종 기술들의 구현들은 디지털 전자 회로조직으로, 또는 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어로, 또는 그들의 조합들로 구현될 수 있다. 구현들은 데이터 처리 장치, 예를 들어 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 컴퓨터들의 동작에 의한 처리를 위해, 또는 이 동작을 제어하기 위해, 컴퓨터 프로그램 제품, 즉 정보 캐리어, 예를 들어 기계 판독가능 저장 장치(컴퓨터 판독가능 매체) 또는 전파 신호에서 유형적으로 구체화된 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다. 상술한 컴퓨터 프로그램(들)과 같은 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 또는 인터프리트된 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 독립형 프로그램으로서 또는 모듈, 구성요소, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서의 사용에 적절한 다른 유닛으로서 포함하는 임의의 형태로 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에서 하나의 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들 상에서 처리되도록 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호 연결되도록 전개될 수 있다.
- [0063] 컴퓨터 프로그램의 처리에 적절한 프로세서들은 예로서, 범용 및 특수 목적 마이크로프로세서들 둘 다, 및 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 임의의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 판독 전용 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 명령어들 및 데이터를 수신할 것이다. 컴퓨터의 요소들은 명령어들을 실행하는 적어도 하나의 프로세서 및 명령어들 및 데이터를 저장하는 하나 이상의 메모리 장치들을 포함할 수 있다. 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하는 하나 이상의 대량 저장 장치들, 예를 들어 자기, 자기-광 디스크들, 또는 광 디스크들을 포함할 수 있거나, 이것들로부터 데이터를 수신하거나 이것들에 데이터를 송신하거나 또는 양쪽으로 되도록 결합될 수도 있다. 컴퓨터 프로그램 명령어들 및 데이터를 구체화하는데 적절한 정보 캐리어들은 예로서 반도체 메모리 장치들, 예를 들어, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic Media), CD-ROM(Compact Disk Read Only Memory), DVD(Digital Video Disk)와 같은 광 기록 매체(Optical Media), 플롭티컬 디스크(Floptical Disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-Optical Media), 롬(ROM, Read Only Memory), 램(RAM, Random Access Memory), 플래시 메모리, EPROM(Erasable Programmable ROM), EEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM) 등을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로조직에 의해 보충되거나, 이에 포함될 수 있다.
- [0064] 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용매체일 수 있고, 컴퓨터 저장매체 및 전송매체를 모두 포함할 수 있다.
- [0065] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.
- [0066] 마찬가지로, 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 장치 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 장치들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징 될 수 있다는 점을 이해하여야 한다.
- [0067] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

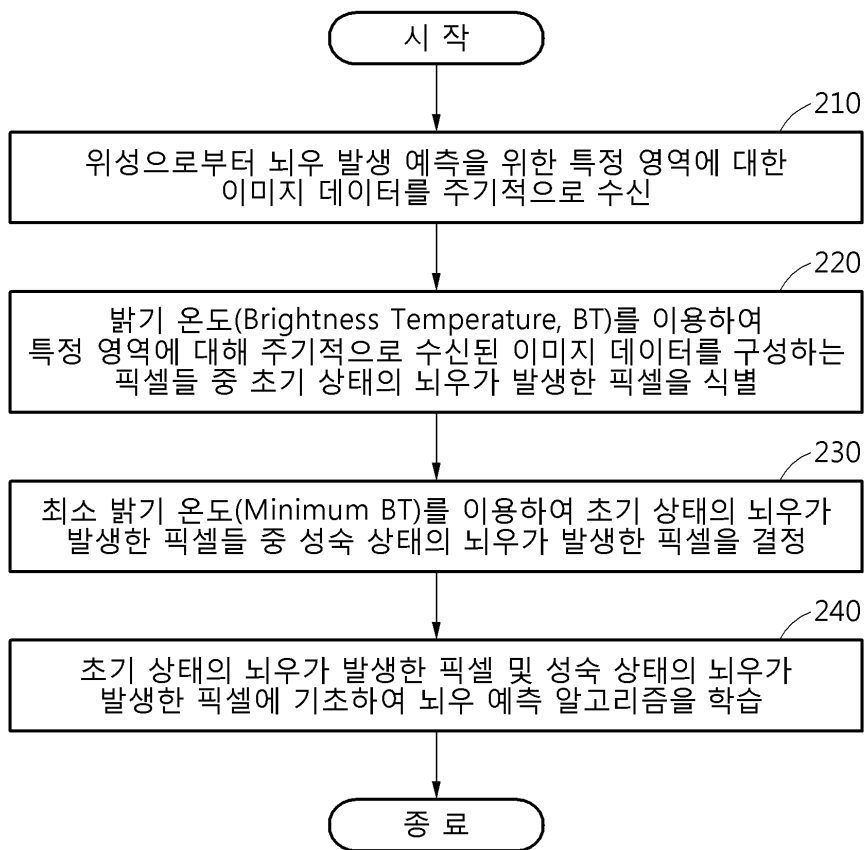
- [0068]
- 100 : 뇌우 발생 예측 시스템
 - 110 : 위성
 - 120 : 뇌우 발생 예측 장치

도면

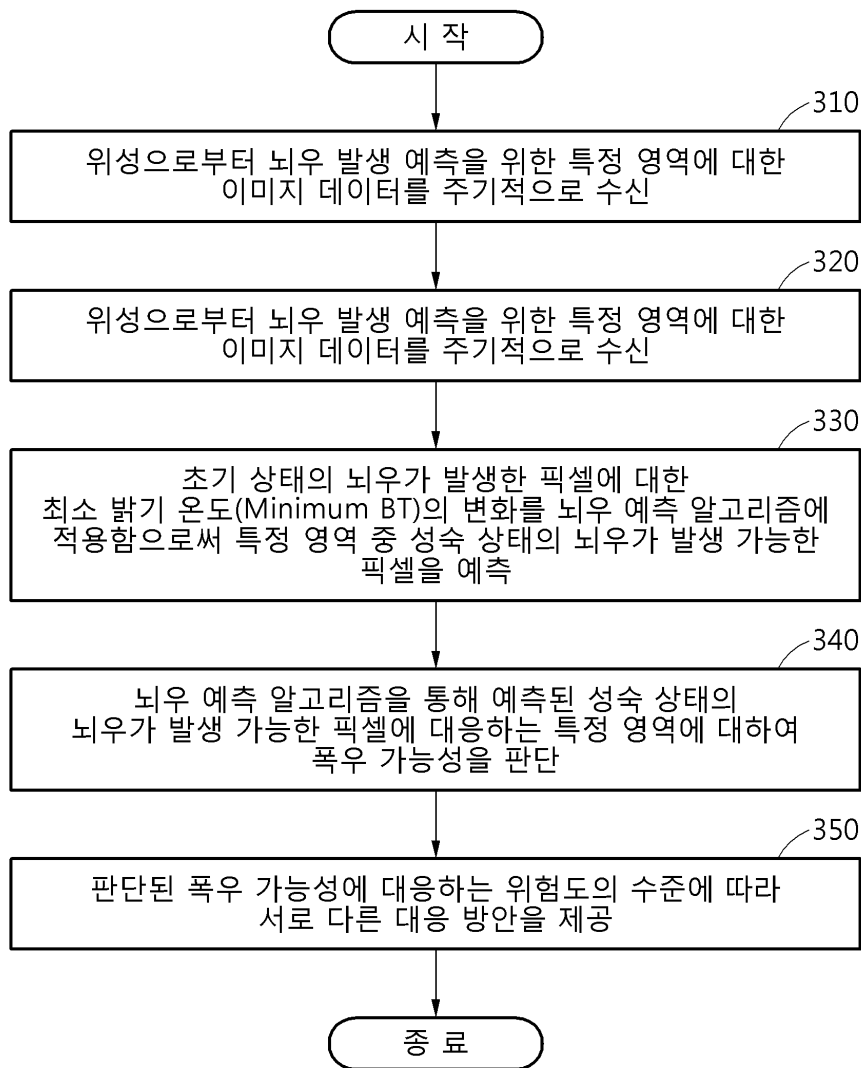
도면1



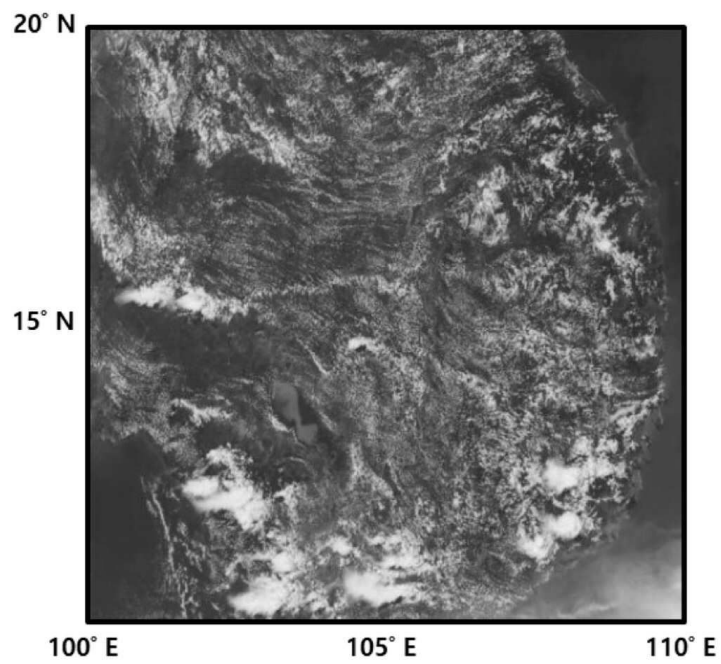
도면2



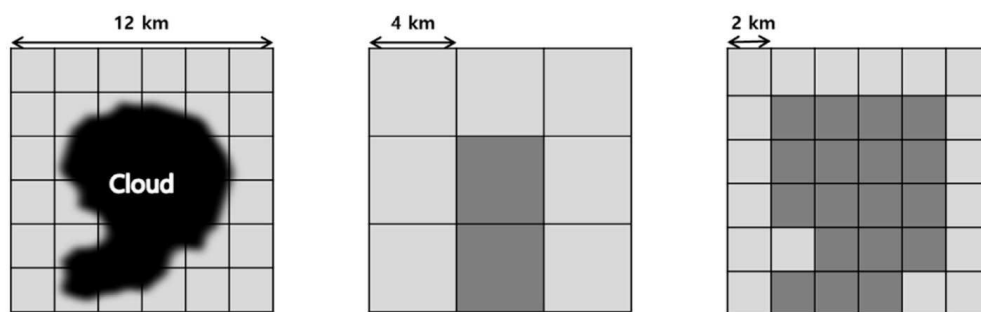
도면3



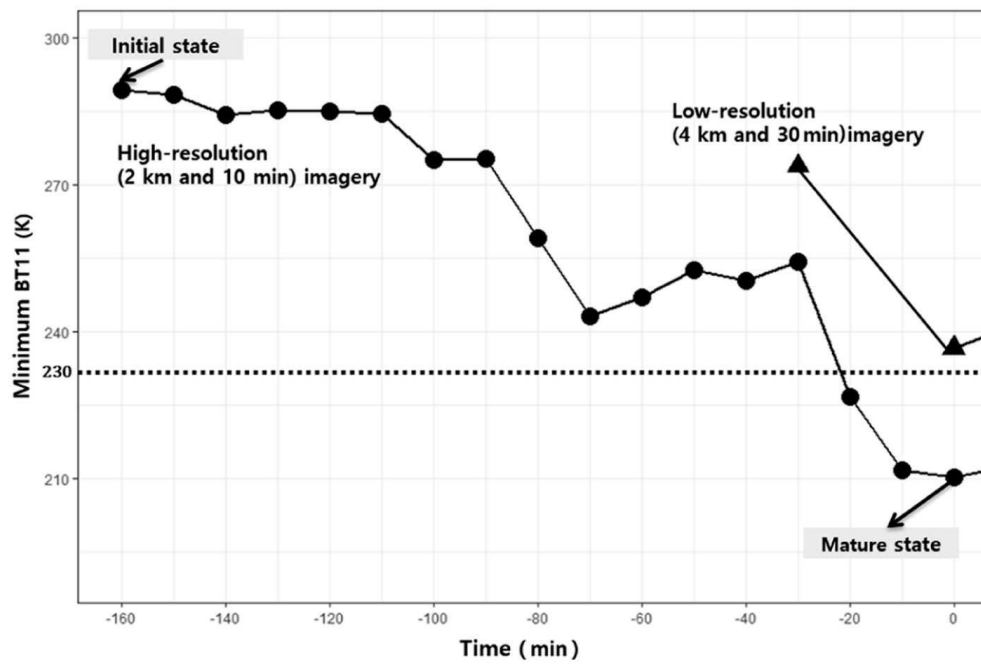
도면4



도면5



도면6



도면7

