



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월29일
(11) 등록번호 10-1892493
(24) 등록일자 2018년08월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/00 (2006.01) G06F 17/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01W 1/00 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-0038445
- (22) 출원일자 2017년03월27일
심사청구일자 2017년03월27일
- (56) 선행기술조사문헌
S.M. Lee et al., 'Distribution of convective energy at upper level in South Korea and the possibility of artificial showery rain caused by activated CAPE', Theoretical and Applied Climatology, 2011.*
US20090182507 A1
P.W. Chan et al., 'Performance of Instability Indices of the Troposphere as Derived from a Ground-based microwave Radiometer', The 11th Specialist Meeting on Microwave Radiometry, 2010, USA.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
- (72) 발명자
권병혁
부산광역시 수영구 광안해변로15번길 68 505동 1402호 (남천동, 남천삼익뉴비치아파트)
- 김박사
부산광역시 동래구 석사로33번길 25 202호 (사직동, 임페리얼빌리지)
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 10 항

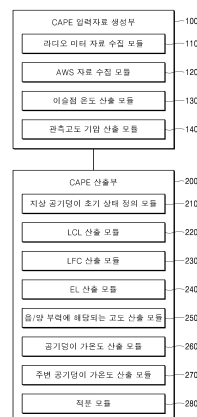
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템과 이를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법

(57) 요약

본 발명은 대류가용잠재에너지 산출 시스템과 이를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법에 대한 것으로서, 특히 라디오미터를 이용하여 대류가용잠재에너지를 산출하는 시스템과 방법에 관한 것이다. 본 발명은 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 CAPE 입력자료 생성부와, CAPE 입력자료로 CAPE를 산출하는 CAPE 산출부를 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템과 이를 이용한 방법을 제공한다. 이에 따라, 본 발명은 라디오미터를 이용하여 쉽고 정확하게 대류가용잠재에너지를 산출할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01W 2001/003 (2013.01)

G01W 2201/00 (2013.01)

(72) 발명자

김광호

부산광역시 동구 망양로685번길 11 (수정동)

김민성

부산시 남구 황령대로 319번길 26 103동 1501호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1365002137

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업진흥원

연구사업명 기상기술개발사업

연구과제명 윈드프로파일러 자료의 정확도 개선 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2016.05.01 ~ 2017.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 CAPE 입력 자료 생성부와,

CAPE 입력자료로 CAPE를 산출하는 CAPE 산출부를 포함하고,

상기 CAPE 입력자료 생성부는 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하는 라디오미터 자료 수집 모듈을 포함하며, 상기 라디오미터 자료 수집 모듈은 라디오미터에서 절대습도를 수집하는 라디오미터 절대습도 수집 모듈과, 라디오미터에서 기온을 수집하는 라디오미터 기온 수집 모듈, 및 라디오미터에서 관측고도를 수집하는 라디오미터 관측고도 수집 모듈을 포함하고,

상기 CAPE 입력자료 생성부는 AWS에서 AWS 자료를 수집하는 AWS 자료 수집 모듈을 포함하며, 상기 AWS 자료 수집 모듈은 AWS에서 해면기압을 수집하는 AWS 해면기압 수집 모듈을 포함하고,

상기 CAPE 입력자료 생성부는 상기 라디오미터 절대습도 수집 모듈에서 수집된 절대습도, 및 상기 라디오미터 기온 수집 모듈에서 수집된 기온으로 이슬점 온도를 산출하는 이슬점 온도 산출 모듈과, 상기 라디오미터 기온 수집 모듈에서 수집된 기온과, 상기 라디오미터 관측고도 수집 모듈에서 수집된 관측고도, 및 상기 AWS 해면기압 수집 모듈에서 수집된 해면기압으로 관측고도 기압을 산출하는 관측고도 기압 산출 모듈을 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 CAPE 산출부는,

CAPE를 산출하고자 하는 영역의 지상 공기덩이의 초기 상태를 안정한 상태와 불안정한 상태로 정의하는 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈과,

상기 지상 공기덩이를 이용하여 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출하는 LCL 산출 모듈,

LCL 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC를 산출하는 LFC 산출 모듈,

LCL 고도 또는 LFC 고도에서부터 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출하는 EL 산출 모듈,

LFC 고도와 EL 고도를 기준으로 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정하는 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈,

공기덩이 가온도를 산출하는 공기덩이 가온도 산출 모듈,

상기 공기덩이 주변 공기덩이의 가온도를 산출하는 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈, 및

상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분하여 CAPE를 산출하는 적분 모듈을 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에

너지 산출 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 CAPE는,

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$

이며,

상기 g 는 중력가속도이고,

상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며,

상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고,

상기 LFC 는 자유대류고도인 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 음의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기덩이의 가온도의 차이를 적분하여 CIN을 산출하는 CIN 산출부를 더 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용 잠재에너지 산출 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 CIN은,

$$CIN = g \int_{SURF}^{LFC} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$

이며,

상기 g 는 중력가속도이고,

상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며,

상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고,

상기 LFC 는 자유대류고도이며,

상기 $SERF$ 는 지면고도인 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템.

청구항 9

CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계와,

상기 CAPE 입력자료로 CAPE 산출부가 CAPE를 산출하는 단계를 포함하고,

상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, 라디오미터 절대습도 수집 모듈이 라디오미터에서 절대습도를 수집하는 단계와, 라디오미터 기온 수집 모듈이 라디오미터에서 기온을 수집하는 단계, 및 라디오미터 관측고도 수집 모듈이 라디

오미터에서 관측고도를 수집하는 단계를 포함하며,

상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, AWS 해면기압 수집 모듈이 AWS에서 해면기압을 수집하는 단계를 포함하고,

상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, 상기 절대습도와 상기 기온으로 이슬점 온도 산출 모듈이 이슬점 온도를 산출하는 단계와, 상기 기온과 상기 관측고도 및 상기 해면기압으로 관측고도 기압 산출 모듈이 관측고도 기압을 산출하는 단계를 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 CAPE 입력자료로 CAPE 산출부가 CAPE를 산출하는 단계는,

CAPE를 산출하고자 하는 영역의 지상 공기덩이의 초기 상태를 안정한 상태와 불안정한 상태로 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈이 정의하는 단계와,

상기 지상 공기덩이를 이용하여 LCL 산출 모듈이 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출하는 단계,

LCL 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC 산출 모듈이 LFC를 산출하는 단계,

LCL 고도 또는 LFC 고도에서부터 EL 산출 모듈이 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출하는 단계,

LFC 고도와 EL 고도를 기준으로 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈이 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정하는 단계,

공기덩이 가온도 산출 모듈이 공기덩이 가온도를 산출하는 단계,

상기 공기덩이 주변 공기덩이의 가온도를 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈이 산출하는 단계, 및

상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분 모듈이 적분하여 CAPE를 산출하는 단계를 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용 잠재에너지 산출 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 CAPE는,

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$

이며,

상기 g 는 중력가속도이고,

상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며,

상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고,

상기 LFC 는 자유대류고도인 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 음의 부력 영역을 기준으로 CIN 산출부가 공기덩이의 가온도와 주변 공기덩이의 가온도의 차이를 적분하여 CIN을 산출하는 단계를 더 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 CIN은,

$$CIN = g \int_{SURF}^{LFC} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz \quad \text{이며,}$$

상기 g 는 중력가속도이고,

상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며,

상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고,

상기 LFC 는 자유대류고도이며,

상기 $SERF$ 는 지면고도인 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대류가용잠재에너지 산출 시스템과 이를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법에 대한 것으로서, 특히 라디오미터를 이용하여 대류가용잠재에너지를 산출하는 시스템과 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 장마전선 상에서 발생하는 악기상은 중규모 대류계(Mesoscale Convective Systems, MCS; 이하 MCS라 함)로 인한 집중호우가 대표적이다. MCS는 복합적인 뇌우와 지속적인 강수가 나타나는 지역이 연결되어 수평 규모가 한 방향으로 최소한 100 km 이상의 규모(Meso-β)를 가지는 구름계를 의미한다. MCS에서 관측되는 가장 일반적인 현상은 강한 대류성 에코들이 선형으로 형성되고, 진행방향을 기준으로 그 후면에 층운형 에코가 따르는 스콜선(Squall Line)이다. 일반적으로 레이더 에코가 선형으로 길게 늘어선 현상이다. MCS는 매우 복잡한 열역학적인 과정을 통해서 형성되기 때문에 모델에 의한 예측이 어렵지만, 기상레이더, 윈드프로파일러, 라디오미터와 같은 원격탐사 장비를 이용한 관측으로 구조를 파악할 수 있다. 장마전선에 의해 자주 발생하는 스콜선은 대류가용잠재에너지(Convective Available Potential Energy, CAPE; 이하 CAPE라 함)를 이용하여 진단이 가능하며, CAPE는 얼마나 강한 대류성 스톱이 발생할 수 있는지에 대한 정보를 제공한다. 따라서, CAPE를 쉽고 정확하게 산출할 수 있는 방법이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허공보 제2015-0106212호(2015.09.21. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 쉽고 정확하게 대류가용잠재에너지를 산출하는 시스템과 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0005] 상술한 목적을 달성하기 위해서, 본 발명은 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 CAPE 입력자료 생성부와, CAPE 입력자료로 CAPE를 산출하는 CAPE 산출부를 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템을 제공한다.
- [0006] 상기 CAPE 입력자료 생성부는 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하는 라디오미터 자료 수집 모듈을 포함하며, 상기 라디오미터 자료 수집 모듈은 라디오미터에서 절대습도를 수집하는 라디오미터 절대습도 수집 모듈과, 라디오미터에서 기온을 수집하는 라디오미터 기온 수집 모듈, 및 라디오미터에서 관측고도를 수집하는 라디오미터 관측고도 수집 모듈을 포함한다.
- [0007] 상기 CAPE 입력자료 생성부는 AWS에서 AWS 자료를 수집하는 AWS 자료 수집 모듈을 포함하며, 상기 AWS 자료 수집 모듈은 AWS에서 해면기압을 수집하는 AWS 해면기압 수집 모듈을 포함한다.
- [0008] 상기 CAPE 입력자료 생성부는 상기 라디오미터 절대습도 수집 모듈에서 수집된 절대습도와, 상기 라디오미터 기온 수집 모듈에서 수집된 기온으로 이슬점 온도를 산출하는 이슬점 온도 산출 모듈과, 상기 라디오미터 기온 수집 모듈에서 수집된 기온과, 상기 라디오미터 관측고도 수집 모듈에서 수집된 관측고도, 및 상기 AWS 해면기압 수집 모듈에서 수집된 해면기압으로 관측고도 기압을 산출하는 관측고도 기압 산출 모듈을 포함한다.
- [0009] 상기 CAPE 산출부는, CAPE를 산출하고자 하는 영역의 지상 공기덩이의 초기 상태를 안정한 상태와 불안정한 상태로 정의하는 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈과, 상기 지상 공기덩이를 이용하여 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출하는 LCL 산출 모듈, LCL 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC를 산출하는 LFC 산출 모듈, LCL 고도 또는 LFC 고도에서부터 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출하는 EL 산출 모듈, LFC 고도와 EL 고도를 기준으로 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정하는 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈, 공기덩이 가온도를 산출하는 공기덩이 가온도 산출 모듈, 상기 공기덩이 주변 공기덩이의 가온도를 산출하는 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈, 및 상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분하여 CAPE를 산출하는 적분 모듈을 포함한다.
- [0010] 상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 음의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기덩이의 가온도의 차이를 적분하여 CIN을 산출하는 CIN 산출부를 더 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 본 발명은 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계와, 상기 CAPE 입력자료로 CAPE 산출부가 CAPE를 산출하는 단계를 포함하는 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법을 제공한다.
- [0012] 상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, 라디오미터 절대습도 수집 모듈이 라디오미터에서 절대습도를 수집하는 단계와, 라디오미터 기온 수집 모듈이 라디오미터에서 기온을 수집하는 단계, 및 라디오미터 관측고도 수집 모듈이 라디오미터에서 관측고도를 수집하는 단계를 포함한다.
- [0013] 상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, AWS 해면기압 수집 모듈이 AWS에서 해면기압을 수집하는 단계를 포함한다.
- [0014] 상기 CAPE 입력자료 생성부가 라디오미터에서 라디오미터 자료를 수집하고 AWS에서 AWS 자료를 수집하여 CAPE 입력자료를 생성하는 단계는, 상기 절대습도와 상기 기온으로 이슬점 온도 산출 모듈이 이슬점 온도를 산출하는 단계와, 상기 기온과 상기 관측고도 및 상기 해면기압으로 관측고도 기압 산출 모듈이 관측고도 기압을 산출하는 단계를 포함한다.
- [0015] 상기 CAPE 입력자료로 CAPE 산출부가 CAPE를 산출하는 단계는, CAPE를 산출하고자 하는 영역의 지상 공기덩이의

초기 상태를 안정한 상태와 불안정한 상태로 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈이 정의하는 단계와, 상기 지상 공기덩이를 이용하여 LCL 산출 모듈이 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출하는 단계, LCL 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC 산출 모듈이 LFC를 산출하는 단계, LCL 고도 또는 LFC 고도에서부터 EL 산출 모듈이 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출하는 단계, LFC 고도와 EL 고도를 기준으로 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈이 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정하는 단계, 공기덩이 가온도 산출 모듈이 공기덩이 가온도를 산출하는 단계, 상기 공기덩이 주변 공기덩이의 가온도를 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈이 산출하는 단계, 및 상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분 모듈이 적분하여 CAPE를 산출하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 CAPE는,
$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$
이며, 상기 g 는 중력가속도이고, 상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며, 상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고, 상기 LFC 는 자유대류고도이다.

[0017] 상기 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈에서 결정된 음의 부력 영역을 기준으로 CIN 산출부가 공기덩이의 가온도와 주변 공기덩이의 가온도의 차이를 적분하여 CIN을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 CIN은,
$$CIN = g \int_{SURF}^{LFC} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$
이며, 상기 g 는 중력가속도이고, 상기 $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이며, 상기 $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이고, 상기 LFC 는 자유대류고도이며, 상기 $SURF$ 는 지면고도이다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 라디오미터를 이용하여 쉽고 정확하게 대류가용잠재에너지를 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템의 블록도.

도 2는 라디오미터와 AWS가 설치된 지점을 표시한 지도이고, 도 3은 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템을 이용한 CAPE 산출 결과 그래프.

도 4는 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법의 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0022] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면상의 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템의 블록도이다.

[0024] 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템은 도 1에 도시된 바와 같이, 라디오미터로부터 CAPE 입력자료를 생성하는 CAPE 입력자료 생성부(100)와, 생성된 CAPE 입력자료로 CAPE를 산출하는 CAPE 산출부(200)를 포함한다.

[0025] CAPE 입력자료 생성부(100)는 CAPE를 산출하기 위한 입력자료를 생성한다. 또한, CAPE 입력자료 생성부(100)는 CAPE 입력자료를 생성하기 위해서, 라디오미터로부터 자료를 수집하는 라디오미터 자료 수집 모듈(110)과, AWS로부터 자료를 수집하는 AWS 자료 수집 모듈(120), 수집된 라디오미터 자료로 이슬점온도를 산출하는 이슬점 온도 산출 모듈(130), 수집된 라디오미터 자료로 관측고도 기압을 산출하는 관측고도 기압 산출 모듈(140)을 포함한다.

[0026] 라디오미터 자료 수집 모듈(110)은 라디오미터 절대습도를 수집하는 라디오미터 절대습도 수집 모듈과 라디오미

터 기온을 수집하는 라디오미터 기온 수집 모듈 및 라디오미터 관측고도를 수집하는 라디오미터 관측고도 수집 모듈을 포함한다. 라디오미터는 대기 중에 방출되는 복사 에너지를 흡수하고 신호처리를 통해 기온과 습도 프로파일을 생성하는 기상 장비이다. 이러한 라디오미터는 대기 중의 수증기와 산소, 구름에 의해 방출되는 에너지를 14개의 마이크로웨이브 채널을 통해 흡수한 후 프랑크법칙을 이용하여 밝기온도로 변환하고 각 고도별 수증기량 산출 알고리즘에 밝기 온도를 적용하여 기온과 습도를 산출한다. 기상청의 라디오미터는 전국 9개 지점에서 시공간적으로 매우 조밀하게 운용되고 있다. 사용되는 채널은 수증기 채널과 산소 채널로 구분되며, 수증기 채널은 22~31.4GHz의 주파수를 사용하고 산소 채널은 50~59GHz의 주파수를 사용한다. 또한, 라디오미터는 10km까지 총 39개의 고도에서 자료를 수집한다. 여기서, 라디오미터 자료 수집 모듈(110)은 라디오미터가 수집하는 자료 중 이슬점온도와 기온 및 기압을 수집한다. 라디오미터는 기온과 절대습도의 연직 프로파일을 산출할 수 있으나, 대기에서 산란되는 복사에너지에 관측하는 광학 장비이므로 강우가 발생하는 경우 자료의 신뢰도가 낮아지며 기압 측정이 불가능한 단점이 있다. 본 발명은 이를 보완하기 위해서, 기상청 라디오미터가 설치된 지점에서 작동되고 있는 AWS의 강우량과 해면기압을 이용할 수 있도록 알고리즘을 구축한다.

[0027] AWS 자료 수집 모듈(120)은 CAPE를 산출하기 위한 입력자료로 AWS 자료를 수집한다. 이를 위해서, AWS 자료 수집 모듈(120)은 AWS 해면기압을 수집하는 AWS 해면기압 수집 모듈과 AWS 강우량을 수집하는 AWS 강우량 수집 모듈을 포함한다. 여기서, AWS 해면기압은 후술될 관측고도 기압 산출에 이용되며, AWS 강우량은 강우 유무에 따라 CAPE를 산출여부를 결정할 때 사용된다. 즉, AWS 강우량 수집 모듈에서 수집된 AWS 강우량에 의해 현재 강우 중인 것으로 후술될 CAPE 산출부(200)가 판단하면 CAPE 산출을 하지 않는다.

[0028] 이슬점 온도 산출 모듈(130)은 라디오미터 자료 수집 모듈(110)에서 수집된 라디오미터 자료를 기반으로 이슬점 온도를 산출한다. 일반적으로 라디오미터에서는 기온과 절대습도 및 관측고도만 제공되기 때문에 이슬점 온도와 기압은 별도로 산출해야 한다. 따라서, 이슬점 온도 산출 모듈(130)은 라디오미터의 절대습도와 기온을 이용하여 이슬점 온도를 산출한다.

[0029] 관측고도 기압 산출 모듈(140)은 라디오미터 자료 수집 모듈(110)에서 수집된 라디오미터 자료를 기반으로 관측고도 기압을 산출한다. 이 역시, 이슬점 온도와 동일하게 라디오미터에서 제공되는 자료만으로는 산출할 수 없으므로, 관측고도 기압 산출 모듈(140)은 라디오미터의 기온과 관측고도 및 AWS 해면기압 수집 모듈에서 수집된 해면기압을 이용하여 관측고도 기압을 산출한다.

[0030] CAPE 산출부(200)는 CAPE 입력자료 생성부(100)에서 생성된 CAPE 입력자료를 기반으로 CAPE를 산출한다. 이를 위해서, CAPE 산출부(200)는 지상 공기덩이 초기상태 정의 모듈과, LCL 산출 모듈(220), LFC 산출 모듈(230), EL 산출 모듈(240), 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈(250), 공기덩이 가온도 산출 모듈(260), 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈(270)(260), 및 적분 모듈(280)을 포함한다.

[0031] 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈(210)은 CAPE를 산출하기 위해서 지상의 공기덩이의 초기 상태를 정의한다. 여기서 지상 공기덩이의 초기 상태는 안정한 상태와 불안정한 상태를 포함한다. 또한, 안정한 상태의 기준은 $\frac{\partial T_v}{\partial z} > -\Gamma$ 이며, 불안정한 상태의 기준은 $\frac{\partial T_v}{\partial z} < -\Gamma$ 이다. 여기서, $\frac{\partial T_v}{\partial z}$ 는 고도에 따른 가온도의 기울기이고, $-\Gamma$ 은 단열감률이다.

[0032] LCL 산출 모듈(220)은 지상의 초기 공기덩이를 이용하여 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출한다.

[0033] LFC 산출 모듈(230)은 LCL 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC를 산출한다.

[0034] EL 산출 모듈(240)은 LCL 또는 LFC 고도에서부터 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출한다.

[0035] 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈(250)은 산출된 LFC와 EL 고도를 기준으로 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정한다.

[0036] 공기덩이 가온도 산출 모듈(260)은 공기덩이 가온도(Virtual temperature)를 산출하며, 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈(270)(260)은 주변 공기덩이의 가온도를 산출한다.

[0037] 적분 모듈(280)은 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈(250)에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분하여 CAPE를 산출한다. 이는 아래의 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$CAPE = g \int_{LFC}^{EL} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$

[0038]

[0039]

수학식 1에서, g 는 중력가속도이고, $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이다. $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이며, LFC 는 자유대류고도이다. 자유대류고도는 공기덩이가 건조단열적으로 상승하여 포화에 달하는 상승응결고도(LCL, Lifting Condensation Level)에서 포화단열적으로 계속 상승하여 처음으로 대기의 온도 곡선과 만나는 점의 고도를 의미한다. 해당 고도 이상에서는 공기덩이가 자유롭게 상승을 계속하게 된다. 또한, EL 은 평행고도이다. 평행고도는 자유대류고도 상부에서 자유롭게 상승하는 공기덩이가 다시 주위의 온도와 같아지는 고도를 의미한다. 대기선도에서 지면 가열에 의한 경우는 대류응결고도, 강제상승의 경우는 자유대류고도로부터 포화단열선을 따라 올라가 처음으로 다시 온도 곡선과 만나는 점의 고도 평행고도이다.

[0040]

CIN 산출부(미도시)는 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈(250)에서 결정된 음의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분하여 CIN을 산출한다. 이는 아래의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$CIN = g \int_{SURF}^{LFC} \frac{T_v(z) - \overline{T_v(z)}}{\overline{T_v(z)}} dz$$

[0041]

[0042]

수학식 2에서, g 는 중력가속도이고, $T_v(z)$ 는 특정 고도의 공기덩이의 가온도이다. $\overline{T_v(z)}$ 는 공기덩이 주변의 가온도이며, LFC 는 자유대류고도이다. 또한, $SERF$ 는 지면고도이다.

[0043]

도 2는 라디오미터와 AWS가 설치된 지점을 표시한 지도이고, 도 3은 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템을 이용한 CAPE 산출 결과 그래프이다.

[0044]

본 발명은 도 2에 표시된 위치에 설치된 라디오미터와 AWS 자료를 적용하였다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템을 이용하면, 강우가 발생된 시간(파란색 영역)을 제외하면 CAPE가 정상적으로 산출되었음을 알 수 있다.

[0045]

상술한 바와 같이, 본 발명은 라디오미터를 이용하여 대류가용잠재에너지를 산출할 수 있다.

[0046]

다음은 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법에 대해 도면을 참조하여 설명한다. 후술될 내용 중 전술된 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 시스템의 설명과 중복되는 내용은 생략하거나 간략히 설명한다.

[0047]

도 4는 본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법의 순서도이다.

[0048]

본 발명에 따른 라디오미터를 이용한 대류가용잠재에너지 산출 방법은 도 4에 도시된 바와 같이, CAPE 입력자료를 생성하는 단계(S1)와, CAPE를 산출하는 단계(S2)를 포함한다.

[0049]

CAPE 입력자료를 생성하는 단계(S1)는 CAPE 입력자료 생성부가 CAPE를 산출하기 위한 입력자료를 생성하는 단계로서, 라디오미터 자료를 수집하는 단계(S1-1)와, AWS 자료를 수집하는 단계(S1-2), 이슬점온도를 산출하는 단계(S1-3), 및 관측고도 기압을 산출하는 단계(S1-4)를 포함한다.

[0050]

라디오미터 자료를 수집하는 단계(S1-1)는 CAPE를 산출하기 위한 입력자료로 라디오미터 자료 수집 모듈이 라디오미터 자료를 수집한다. 여기서, 라디오미터 자료는 라디오미터 절대습도와 라디오미터 기온을 포함한다.

[0051]

AWS 자료를 수집하는 단계(S1-2)는 CAPE를 산출하기 위한 입력자료로 AWS 자료 수집 모듈이 AWS 자료를 수집한다.

다. AWS 자료는 AWS 해면기압과 AWS 강우량을 포함한다.

- [0052] 이슬점온도를 산출하는 단계(S1-3)는 이슬점 온도 산출 모듈이 라디오미터 자료를 수집하는 단계(S1-1)에서 수집된 라디오미터 자료를 기반으로 이슬점온도를 산출한다. 여기서, 이슬점온도의 산출은 라디오미터에서 수집된 절대습도와 기온으로 산출할 수 있다.
- [0053] 관측고도 기압을 산출하는 단계(S1-4)는 관측고도 기압 산출 모듈이 라디오미터 자료를 수집하는 단계(S1-1)에서 수집된 라디오미터 자료와 AWS 자료를 수집하는 단계(S1-2)에서 수집된 AWS 자료를 기반으로 관측고도 기압을 산출한다. 이때, 관측고도 기압의 산출은 라디오미터의 기온과 관측고도 및 AWS 해면기압으로 산출할 수 있다.
- [0054] CAPE를 산출하는 단계(S2)는 CAPE 입력자료를 생성하는 단계(S1)에서 생성된 CAPE 입력자료로 CAPE 산출부가 CAPE를 산출한다. 이를 위해서, CAPE를 산출하는 단계(S2)는 지상공기덩이 초기 상태를 정의하는 단계(S2-1)와, LCL을 산출하는 단계(S2-2), LFC를 산출하는 단계(S2-3), EL을 산출하는 단계(S2-4), 음/양 부력에 해당되는 고도를 산출하는 단계(S2-5), 공기덩이 가온도를 산출하는 단계(S2-6), 주변 공기 가온도를 산출하는 단계(S2-7), 및 적분하는 단계(S2-8)를 포함한다.
- [0055] 지상공기덩이 초기 상태를 정의하는 단계(S2-1)는 CAPE를 산출하기 위한 지상의 공기덩이의 초기 상태를 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈이 정의한다.
- [0056] LCL을 산출하는 단계(S2-2)는 LCL 산출 모듈이 지상공기덩이 초기 상태를 정의하는 단계(S2-1)에서 정의된 지상 공기덩이의 초기 상태를 이용하여 건조단열 상승을 통해 LCL을 산출한다.
- [0057] LFC를 산출하는 단계(S2-3)는 LFC 산출 모듈이 LCL을 산출하는 단계(S2-2) 이후 습윤단열 상승을 통해 LFC를 산출한다.
- [0058] EL을 산출하는 단계(S2-4)는 EL 산출 모듈이 LCL 또는 LFC 고도에서부터 습윤단열 상승을 통해 EL을 산출한다.
- [0059] 음/양 부력에 해당되는 고도를 산출하는 단계(S2-5)는 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈이 산출된 LFC와 EL 고도를 기준으로 음의 부력 영역과 양의 부력 영역을 결정한다.
- [0060] 공기덩이 가온도를 산출하는 단계(S2-6)는 공기덩이 가온도 산출 모듈이 공기덩이 가온도를 산출한다.
- [0061] 주변 공기 가온도를 산출하는 단계(S2-7)는 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈이 주변 공기덩이의 가온도를 산출한다.
- [0062] 적분하는 단계(S2-8)는 음/양 부력에 해당되는 고도를 산출하는 단계(S2-5)에서 결정된 양의 부력 영역을 기준으로 공기덩이의 가온도와 주변 공기의 가온도의 차이를 적분한다. 여기서 적분된 값이 CAPE이며, 전술된 수학적 식 1과 같이 구해질 수 있다.
- [0063] 이상에서는 도면 및 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

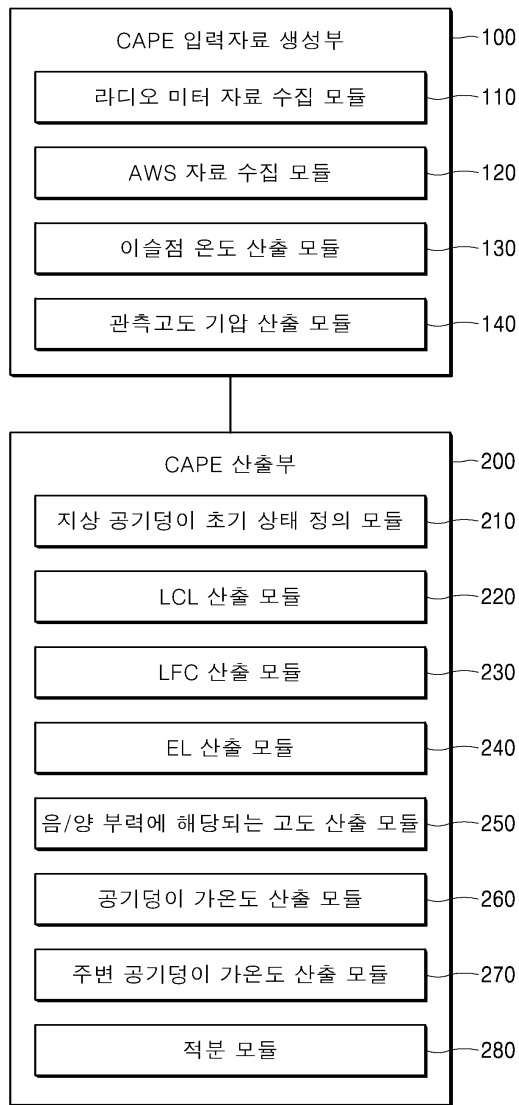
부호의 설명

- [0064]
- | | |
|----------------------------|---------------------|
| 100: CAPE 입력자료 생성부 | 110: 라디오미터 자료 수집 모듈 |
| 120: AWS 자료 수집 모듈 | 130: 이슬점 온도 산출 모듈 |
| 140: 관측고도 기압 산출 모듈 | 200: CAPE 산출부 |
| 210: 지상 공기덩이 초기 상태 정의 모듈 | |
| 220: LCL 산출 모듈 | 230: LFC 산출 모듈 |
| 240: EL 산출 모듈 | |
| 250: 음/양 부력에 해당되는 고도 산출 모듈 | |
| 260: 공기덩이 가온도 산출 모듈 | |
| 270: 주변 공기덩이 가온도 산출 모듈 | |

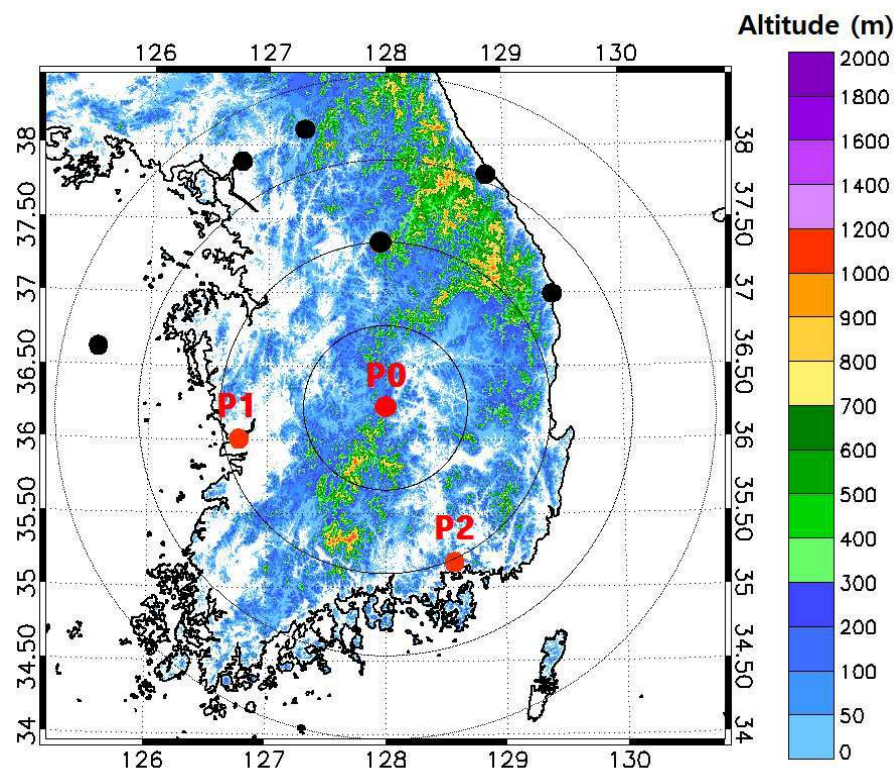
280: 적분 모듈

도면

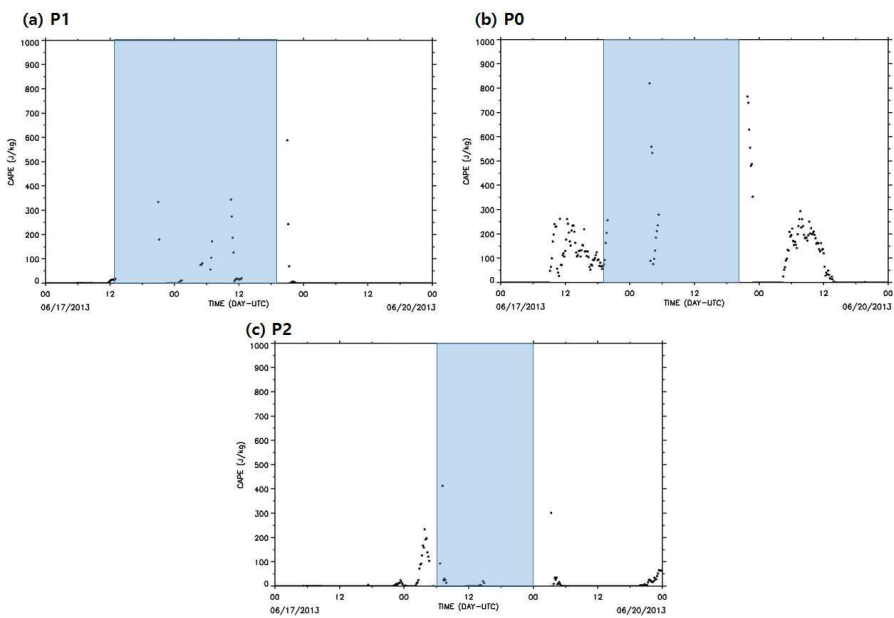
도면1



도면2



도면3



도면4

