



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월27일
 (11) 등록번호 10-1840651
 (24) 등록일자 2018년03월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01W 1/14 (2006.01) G01S 13/95 (2006.01)
 G01S 19/14 (2010.01) G01W 1/08 (2006.01)
 G06F 17/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 G01W 1/14 (2013.01)
 G01S 13/95 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0049644

(22) 출원일자 2016년04월22일

심사청구일자 2016년04월22일

(65) 공개번호 10-2017-0121394

(43) 공개일자 2017년11월02일

(56) 선행기술조사문헌

문지영 외 4인, '연직강우레이더와 광학우적계 관측자료를 이용한 2012년 여름철 남해안 강우사례 분석', 한국기상학회, 대기, 제23권, 제3호, 2013, pp.265-273.

오수빈 외 3인, 'Ka-band 구름레이더와 천리안위성으로 관측된 운정고도 비교', 한국기상학회, 대기, 제24권, 제1호, 2014, pp.39-48.

KR101423278 B1

KR1020150066315 A

(73) 특허권자
 대한민국

(72) 발명자
 오수빈

서울특별시 관악구 보라매로 47 603호 (봉천동, 하우피스오피스텔)

이용희

서울특별시 양천구 오목로35길 5, 101동 1306호(신정동, 보람쉬움아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인
 특허법인 아이피에스

전체 청구항 수 : 총 8 항

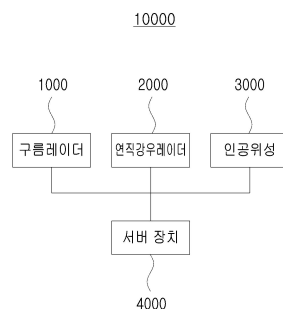
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 **구름레이더를 이용한 강우 강도 산출 시스템 및 이를 이용한 강우 강도 산출 방법**

(57) 요약

본 발명에 의하면, 구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계; 상기 자료로부터 강수 프로파일을 획득하는 단계; 감쇠 영향을 판단하는 단계; 상기 감쇠영향 판단 결과 감쇠영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 획득하고, 상기 감쇠영향 판단결과 감쇠영향이 큰 경우, A-R관계식을 획득하는 단계;를 포함하는 감쇠영향별 관계식 산출 방법이 제공될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01S 19/14 (2013.01)

G01W 1/08 (2013.01)

G06F 17/10 (2013.01)

G01W 2001/003 (2013.01)

(72) 발명자

이근희

서울특별시 영등포구 영등포로3길 9, 삼성아파트
101동 2001호

주상원

서울특별시 서초구 방배로15길 14 401호 (방배동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KMA-2018-00720

부처명 기상청

연구관리전문기관 수치모델링센터

연구사업명 수치예보·지진업무 지원 및 활용 연구

연구과제명 이음새 없는 수치예보모델 기반기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 수치모델링센터

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계;
 상기 자료로부터 강수 프로파일을 획득하는 단계;
 감쇠 영향을 판단하는 단계;
 상기 감쇠영향 판단 결과 감쇠영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 획득하고,
 상기 감쇠영향 판단결과 감쇠영향이 큰 경우, A-R 관계식을 획득하는 단계;를 포함하는
 감쇠영향 별 관계식 산출 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 강수 프로파일을 획득하는 단계는
 연직강우레이더의 강우 강도가 미리 정해진 강도 이하인지 여부를 판단하여 상기 강우 강도가 미리 정해진 강우 강도 이하인 경우, 해당 데이터를 제거하는 단계;
 상기 연직강우레이더의 강우 강도가 미리 정해진 강우 강도 초과인 해당 데이터에서 하층에서 상층으로 향하는 위치에서 반사도의 변화값이 양수에서 음수로 변화하는 제1 고도와 상기 제1 고도로부터 미리 정해진 거리의 상층인 제2 고도까지를 강수 발생층으로 설정하는 단계;
 상기 강수 발생층에서의 평균 반사도 및 시선 속도를 획득하는 단계;
 상기 평균 반사도 및 상기 시선 속도를 미리 정해진 조건과 비교하는 단계; 및
 상기 미리 정해진 조건에 맞지 않는 데이터를 제거하고, 상기 미리 정해진 조건에 부합하는 데이터로부터 상기 강수 프로 파일을 획득하는 단계;를 포함하는
 감쇠영향 별 관계식 산출 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,
 상기 미리 정해진 조건은 상기 평균 반사도가 미리 정해진 반사도값을 초과하는 동시에 상기 시선 속도가 미리 정해진 속도 값 미만인지 여부인
 감쇠 영향 별 관계식 산출 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,
 상기 감쇠 영향을 판단하는 단계는,
 시선 속도를 미리 정해진 임계값과 비교하는 단계;
 시선속도가 미리 정해진 임계값을 초과하는 경우 감쇠 영향이 적은 것으로 판단하는 단계;

시선 속도가 미리 정해진 임계값 이하인 경우, 운정 고도를 비교하는 단계;

구름레이더의 운정 고도가 인공위성의 운정 고도 보다 높은 경우, 데이터를 분석에서 제외하는 단계; 및

구름레이더의 운정 고도가 인공위성의 운정 고도 보다 낮은 경우, 감쇠 영향이 큰 것으로 판단하는 단계;를 포함하는

감쇠영향 별 관계식 산출 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 Z-R관계식은 하기 식1의 형태로 제공되는

감쇠 영향 별 관계식 산출 방법.

식1

$$(R=aZ^b).$$

(여기서, R은 강우 강도, Z는 반사도이며, a 및 b는 최소제곱법을 통하여 산출된 상수임)

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 A-R관계식을 획득하는 단계는

하기 식 2에 의해 산출되는 감쇠값이 음수로 나타나는 경우 및 시선 속도의 표준 편차를 벗어나는 데이터를 제외하여 상기 A-R관계식을 획득하는 단계인

감쇠 영향 별 관계식 산출 방법.

식2

$$A = \frac{Z(Hmin) - Z(Hmax)}{|Hmin - Hmax|}$$

(여기서, A는 감쇠값, Z(Hmin)은 감쇠 발생층의 최저 고도에서의 반사도, Z(Hmax)는 감쇠 발생층의 최고 고도에서의 반사도, Hmin은 감쇠 발생층의 최저 고도, Hmax는 감쇠 발생층의 최고 고도임)

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 A-R관계식은 하기 식3의 형태로 제공되는

감쇠 영향 별 관계식 산출 방법.

식3

$$A = aR^b$$

(여기서, A는 감쇠값, R은 강우 강도이며, a 및 b는 최소제곱법을 통하여 산출된 상수임)

청구항 8

구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계;

상기 자료로부터 강수 프로파일을 획득하는 단계;

감쇠 영향을 판단하는 단계;

상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하고, 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 큰 경우 A-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하는 단계;를 포함하는

감쇠 영향 별 강우 강도 산출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 강우 강도 산출 시스템 및 이를 이용한 강우 강도 산출 방법에 관한 것으로 보다 구체적으로는 감쇠 영향을 판단하여 감쇠 영향 정도에 따라 서로 다른 관계식을 이용하여 강우 강도를 산출하는 강우 강도 산출 시스템 및 이를 이용한 강우 강도 산출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 종래에는 기상레이더의 반사도와 강우강도와와의 관계에 기초하여 강수 현상 분석 및 관측공백지역에서의 강우량을 추정하였다.

[0004] 구름레이더의 경우에는 기상레이더보다 짧은 파장을 이용하여 구름에 최적화된 장비로 미세한 입자를 가지는 약한 강수에 대해서도 신뢰도 높은 관측자료를 얻을 수 있지만, 강한 강수 시에는 강수에 의해 신호의 감쇠가 발생하여 강수추정이 어렵다는 한계가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 과제는 감쇠 정도에 따라 서로 다른 관계식을 적용하여 강우강도를 산출하는 강우 강도 산출 시스템 및 이를 이용한 강우 강도 산출 방법을 제공하는 것.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 양상에 따르면, 구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계; 상기 자료로부터 강수 프로 파일을 획득하는 단계; 감쇠 영향을 판단하는 단계; 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 획득하고, 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 큰 경우, A-R관계식을 획득하는 단계;를 포함하는 감쇠 영향 별 관계식 산출 방법이 제공될 수 있다.

[0009] 본 발명의 다른 양상에 따르면, 구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계; 상기 자료로부터 강수 프로 파일을 획득하는 단계; 감쇠 영향을 판단하는 단계; 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하고, 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 큰 경우 A-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하는 단계;를 포함하는 감쇠 영향 별 강우 강도 산출 방법이 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따르면 감쇠 정도에 따라 서로 다른 관계식을 적용하여 강우강도를 산출함으로써, 구름레이더를 이용하여 보다 정확하게 강우강도를 산출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 산출 시스템(10000)의 환경도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 서버 장치(4000)의 블록도이다
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 관계식 산출 방법을 나타내는 순서도이다,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 강수 프로파일 획득 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 감쇠영향 판단 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 산출 방법을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명의 상술한 목적, 특징들 및 장점은 첨부된 도면과 관련된 다음의 상세한 설명을 통해 보다 분명해질 것이다. 다만, 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 이하에서는 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.
- [0015] 도면들에 있어서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이며, 또한, 구성요소(element) 또는 층이 다른 구성요소 또는 층의 "위(on)" 또는 "상(on)"으로 지칭되는 것은 다른 구성요소 또는 층의 바로 위 뿐만 아니라 중간에 다른 층 또는 다른 구성요소를 개재한 경우를 모두 포함한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 원칙적으로 동일한 구성요소들을 나타낸다. 또한, 각 실시예의 도면에 나타나는 동일한 사상의 범위 내의 기능이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 사용하여 설명한다.
- [0016] 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 본 명세서의 설명 과정에서 이용되는 숫자(예를 들어, 제1, 제2 등)는 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위한 식별기호에 불과하다.
- [0017] 또한, 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다.
- [0019] 본 발명의 일 양상에 따르면, 구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계; 상기 자료로부터 강수 프로 파일을 획득하는 단계; 감쇠 영향을 판단하는 단계; 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 획득하고, 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 큰 경우, A-R 관계식을 획득하는 단계;를 포함하는 감쇠 영향 별 관계식 산출 방법이 제공될 수 있다.
- [0020] 또 상기 강수 프로 파일을 획득하는 단계는 연직강우레이더의 강우 강도가 미리 정해진 강도 이하인지 여부를 판단하여 상기 강우 강도가 미리 정해진 강우 강도 이하인 경우, 해당 데이터를 제거하는 단계; 상기 연직강우레이더의 강우 강도가 미리 정해진 강우 강도 초과인 해당 데이터에서 하층에서 상층으로 향하는 위치에서 반사도의 변화값이 양수에서 음수로 변화하는 제1 고도와 상기 제1 고도로부터 미리 정해진 거리의 상층인 제2 고도까지를 강수 발생층으로 설정하는 단계; 상기 강수 발생층에서의 평균 반사도 및 시선 속도를 획득하는 단계; 상기 평균 반사도 및 상기 시선 속도를 미리 정해진 조건과 비교하는 단계; 및 상기 미리 정해진 조건에 맞지 않는 데이터를 제거하고, 상기 미리 정해진 조건에 부합하는 데이터로부터 상기 강수 프로 파일을 획득하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0021] 또 상기 미리 정해진 조건은 상기 평균 반사도가 미리 정해진 반사도값을 초과하는 동시에 상기 시선 속도가 미리 정해진 속도 값 미만인지 여부일 수 있다.
- [0022] 또 상기 감쇠 영향을 판단하는 단계는, 시선 속도를 미리 정해진 임계값과 비교하는 단계; 시선 속도가 미리 정해진 임계값을 초과하는 경우 감쇠 영향이 적은 것으로 판단하는 단계; 시선 속도가 미리 정해진 임계값 이하인 경우, 운정 고도를 비교하는 단계; 구름레이더의 운정 고도가 인공위성의 운정 고도 보다 높은 경우, 데이터를 분석에서 제외하는 단계; 및 구름레이더의 운정 고도가 인공위성의 운정 고도 보다 낮은 경우, 감쇠 영향이 큰

것으로 판단하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0023] 또 상기 Z-R관계식은 하기 식1의 형태로 제공될 수 있다.

[0024] 식1

$$(R=aZ^b).$$

[0025]

[0026] (여기서, R은 강우 강도, Z는 반사도이며, a 및 b는 최소제곱법을 통하여 산출된 상수임)

[0027] 또 상기 A-R관계식을 획득하는 단계는 하기 식 2에 의해 산출되는 감쇠값이 음수로 나타나는 경우 및 시선 속도의 표준 편차를 벗어나는 데이터를 제외하여 상기 A-R관계식을 획득하는 단계일 수 있다.

[0028] 식2)

$$A = \frac{Z(Hmin) - Z(Hmax)}{|Hmin - Hmax|}$$

[0029]

[0030] (여기서, A는 감쇠값, Z(Hmin)은 감쇠 발생층의 최저 고도에서의 반사도, Z(Hmax)는 감쇠 발생층의 최고 고도에서의 반사도, Hmin은 감쇠 발생층의 최저 고도, Hmax는 감쇠 발생층의 최고 고도임)

[0031] 또 상기 A-R관계식은 하기 식3의 형태로 제공될 수 있다.

[0032] 식3

$$A = aR^b$$

[0033]

[0034] (여기서, A는 감쇠값, R은 강우 강도이며, a 및 b는 최소제곱법을 통하여 산출된 상수임)

[0035] 본 발명의 다른 양상에 따르면, 구름레이더, 인공위성 및 연직강우레이더로부터 자료를 획득하는 단계; 상기 자료로부터 강수 프로 파일을 획득하는 단계; 감쇠 영향을 판단하는 단계; 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 작은 경우 Z-R 관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하고, 상기 감쇠 영향 판단 결과 감쇠 영향이 큰 경우 A-R 관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하는 단계;를 포함하는 감쇠 영향 별 강우 강도 산출 방법이 제공될 수 있다.

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 산출 시스템(10000)의 환경도이다.

[0038] 도 1을 참조하면 강우 강도 산출 시스템(10000)은 구름레이더(1000), 연직강우레이더(2000), 인공위성(3000) 및 서버 장치(4000)를 포함할 수 있다.

[0039] 구름레이더(1000)는 구름의 입자에 대한 반사 자료를 획득하여 서버 장치(6000)로 전송할 수 있다.

[0040] 구름레이더(1000)는 연직 방향으로 방출한 레이더 신호에 대한 반사도를 서버 장치(4000)로 전송할 수 있다.

[0041] 구름레이더(1000)는 예를 들어, 33.44GHz 주파수 대역의 수평파를 송신하고, 대기 수상체로부터 후방 산란 되어 돌아오는 수평-수직파일 수신함으로써, 수평파를 송신하여 수평파를 수신한 수평-수평파 신호와 수평파를 송신하여 수직파를 수신한 수평-수직파 신호를 획득할 수 있다. 또한, 구름레이더(1000)는 획득한 수평-수평파 및 수평-수직파 신호에 기초하여 비강수 구름, 약한 강수 구름, 약한 강수의 구조, 미세 물리 변수, reflectivity, Doppler velocity, spectrum width, Signal to Noise Ratio(SNR), Linear Depolarization Ratio(LDR)등을 산출할 수 있다.

- [0042] 구름레이더(1000)는 미리 정해진 파장으로 레이더 신호를 송출할 수 있다. 예를 들어 구름레이더(1000)는 케이 에이 밴드(Ka-band) 대역의 주파수를 송출할 수 있다. 보다 구체적인 예를 들어 구름레이더(1000)는 8.97mm의 파장으로 레이더 신호를 송출할 수 있다.
- [0043] 이하에서는 본 발명에서 사용되는 구름레이더(1000)의 요구 성능에 대한 예시를 설명하도록 한다.
- [0044] 구름레이더(1000)는 안테나, 송신기, 수신기 및 신호 처리기를 포함할 수 있다.
- [0045] 구름레이더(1000)는 카세그레인 안테나가 제공될 수 있으며, 구름레이더(1000)의 안테나에 있어서, 이득은 51dB 일 수 있다. 구름레이더(1000)의 빔 폭은 0.42° 일 수 있으며, 방위각은 0~360° 일 수 있다. 또한, 안테나의 고 도각 범위는 -2~90° 일 수 있으며, 최대 구동 속도는 초당 24° 일 수 있다. 구름레이더(1000)의 송신기는 마그 네트론 방식으로 신호를 송출할 수 있으며, 수평파를 송출할 수 있다. 송신기의 펄스 폭은 다양하게 제공될 수 있다. 예를 들어 100, 200, 400ns 등의 펄스 폭이 제공될 수 있다. 송신기의 펄스 반복 주기(PRF) 역시 다양하 게 제공될 수 있다. 예를 들어 5, 3.3, 2.5, 1.67KHz 등의 다양한 펄스 반복 주기가 제공될 수 있다. 구름레이 더(1000)의 수신기는 수평파 및 수직파를 수신할 수 있다. 수신기의 다이내믹레인지는 70dB일 수 있으며, 최소 탐지 신호는 -104dBm 이하일 수 있다. 또한 수신기의 감지 성능은 -30dBZ@5km 미만일 수 있다. 구름레이더 (1000)의 신호 처리기는 1000개의 빈(Bin)을 생산할 수 있다. 신호 처리기가 획득하는 신호의 거리 범위는 상공 으로서 300m-15km일 수 있다. 또한, 신호 처리기는 FFT, PPP 방식으로 신호를 처리할 수 있으며, 반사도, 시선 속 도, 스펙트럼 폭, 선형 편광 비, 신호대잡음비, I/Q 신호, 파워 스펙트럼 등의 변수를 산출할 수 있다.
- [0046] 구름레이더(1000)는 다양한 관측 모드가 제공될 수 있다. 예를 들어 특정 고도 및/또는 방위각으로 고정되어 관 측한 자료를 시간-고도면 자료로 출력하는 Pointing 모드, 특정 고도각에서 방위각을 360° 회전하며 관측하여 레이더를 정점으로 한 역 원추형의 면상에 위치한 에코를 출력하는 PPI(Plan Position Indicator) 모드, 특정 방위각 범위의 PPI를 고도각에 따라 관측하는 sPPI(Sector PPI) 모드, PPI를 고도각에 따라 관측하여 CAPPI, X- Y단면도를 출력하는 VOL(Volume PPI)모드, 특정 방위각에서 고도각을 회전하며 관측하는 RHI(Range Height Indicator) 모드 및 RHI를 방위각에 따라 관측하는 sRHI(Sector RHI) 모드 등이 제공될 수 있다.
- [0047] 이상에서 설명된 구름레이더(1000)는 설명의 편의를 위한 예시일 뿐 이에 한정되지 않으며, 이상에서 설명된 성 능보다 낮거나 높은 성능의 구름레이더(1000)가 제공될 수 있다.
- [0048] 인공위성(2000)는 상공에서 하층을 촬영한 이미지 신호를 획득하여 서버 장치(4000)로 전송할 수 있다.
- [0049] 예를 들어 인공위성(2000)은 저고도 인공위성, 고고도 인공위성, 정지 위성, 궤도 위성 등일 수 있다.
- [0050] 인공위성(2000)는 미리 정해진 구역에 대한 영상을 획득할 수 있다. 또한, 인공위성은 상공에서 하층으로 송출 한 신호가 반사되어 수신된 신호에 기초하여 인공위성(3000)이 위치한 고도와 구름이 위치한 고도간의 차이에 대한 정보를 획득할 수 있다. 또한 인공위성(3000)은 획득한 정보를 서버 장치(6000)로 전송할 수 있다.
- [0051] 연직강우레이더(3000)는 연직방향으로 레이더 신호를 발신하고, 반사된 신호를 서버 장치(4000)로 전송할 수 있 다.
- [0052] 연직강우레이더(3000)는 반사된 신호를 수신하여 강우 강도를 산출할 수 있으며, 산출된 강우 강도를 서버 장치 (4000)로 전송할 수 있다.
- [0053] 서버 장치(4000)는 강우 강도를 산출할 수 있다.
- [0054] 서버 장치(4000)는 구름레이더(1000), 인공위성(2000) 및 연직강우레이더(3000)로부터 획득한 데이터에 기초하 여 강우 강도를 산출할 수 있다.
- [0055] 서버 장치(4000)는 구름레이더의 감쇠발생 여부를 고려하여 강우 강도 관계식을 산출할 수 있다.
- [0056] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 서버 장치(4000)의 블록도이다.
- [0057] 도 2를 참조하면 서버 장치(4000)는 통신부(4100), 디스플레이부(4200), 저장부(4300) 및 제어부(4400)를 포함 할 수 있다.
- [0058] 통신부(4100)는 외부 장치들과 연결될 수 있다.
- [0059] 통신부(4100)는 외부 장치들과 데이터를 송수신할 수 있다.
- [0060] 예를 들어 통신부(4100)는 구름레이더(1000), 인공위성(2000) 및 연직강우레이더(3000) 중 적어도 하나와 연결

되어 데이터를 송수신할 수 있다.

- [0061] 디스플레이부(4200)는 정보를 시각적으로 출력할 수 있다.
- [0062] 예를 들어 디스플레이부(4200)는 강우 강도 산출에 필요한 정보를 출력할 수 있다. 다른 예를 들어 디스플레이부(4200)는 서버 장치(4000)의 동작에 필요한 GUI(graphical user interface)를 출력할 수 있다.
- [0063] 저장부(4300)는 데이터를 저장할 수 있다.
- [0064] 예를 들어 저장부(4300)는 외부 장치로부터 획득한 데이터를 저장할 수 있다. 다른 예를 들어 저장부(4300)는 서버 장치(4000)의 동작에 필요한 프로그램을 미리 저장할 수 있다.
- [0065] 제어부(4400)는 서버 장치(4000)의 동작을 제할 수 있다.
- [0066] 예를 들어 제어부(4400)는 서버 장치(4000)에 포함된 구성들의 동작을 제어할 수 있다. 다른 예를 들어 제어부(4400)는 외부 장치로부터 획득한 데이터에 기초하여 수합량 산출 동작을 수행할 수 있다.
- [0067] 이하에서는 도 3 내지 6를 참조하여 서버 장치(4000)의 강우 강도 산출 동작에 대해 설명하도록 한다.
- [0068] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 관계식 산출 방법을 나타내는 순서도이다,
- [0069] 도 3을 참조하면 자료를 획득하는 단계(S100), 강수 프로파일을 획득하는 단계(S200), 감쇠 영향을 판단하는 단계(S300), Z-R 관계식을 획득하는 단계(S400) 및 A-R관계식을 획득하는 단계(S500)을 포함할 수 있다.
- [0070] 제어부(4400)는 자료를 획득할 수 있다(S100).
- [0071] 제어부(4400)는 구름레이더(1000), 인공위성(2000) 및 연직강우레이더(3000)로부터 데이터를 획득할 수 있다.
- [0072] 제어부(4400)는 획득한 데이터로부터 미리 정해진 주기의 자료를 획득할 수 있다 예를 들어 제어부(4400)는 2분의 시간해상도 자료를 획득할 수 있다. 보다 구체적으로 제어부(4400)는 구름레이더(1000)로부터 2분 주기의 1 세트(500개 ray)의 자료를 획득할 수 있다. 제어부(4400)는 각 세트에 포함된 미리 정해진 순서의 ray의 반사도와 시선속도 프로파일을 획득할 수 있다. 예를 들어 제어부(4400)는 각 세트의 250번째 ray에 대한 반사도와 시선속도 프로파일을 획득할 수 있다. 보다 구체적으로 제어부(4400)는 15km까지 15m의 연직 해상도를 갖는 2분 간격의 구름레이더 프로 파일을 획득할 수 있다.
- [0073] 제어부(4400)는 인공위성(2000)으로부터 획득한 운정도 자료 및 연직강우레이더(3000)로부터 획득한 강우 강도 자료를 구름레이더 프로파일과 동일한 주기로 획득할 수 있다.
- [0074] 제어부(4400)는 강수 프로파일을 획득할 수 있다(S200).
- [0075] 제어부(4400)는 구름레이더(1000)로부터 획득한 자료로부터 강수가 발생한 시간대의 프로파일을 획득할 수 있다.
- [0076] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 강수 프로파일 획득 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0077] 도 4를 참조하면, 강수 프로파일 획득 방법은 강우 강도를 비교하는 단계(S210), 강수 발생층을 설정하는 단계(S220), 평균 반사도 및 시선 속도를 획득하는 단계(S230), 평균 반사도 및 시선속도를 비교하는 단계(S240) 및 조건에 맞지 않는 데이터를 분석에서 제외하는 단계(S250)을 포함할 수 있다.
- [0078] 제어부(4400)는 강우 강도를 비교할 수 있다(S210).
- [0079] 제어부(4400)는 연직강우레이더(3000)의 강우강도를 비교하여 연직강우레이더(3000)의 강우 강도가 0이하인 경우, 비강수시간으로 정의할 수 있다.
- [0080] 제어부(4400)는 연직강우레이더(3000)의 강우강도가 0을 초과하는 경우, 프로파일을 추출할 수 있다.
- [0081] 강수 발생층을 설정할 수 있다(S220).
- [0082] 제어부(4400)는 추출된 강우강도가 0을 초과하는 프로파일에서 반사도 프로 파일에서 첫 번째 최대 반사도가 나타나는 고도를 Rmin으로 설정할 수 있다. 예를 들어 제어부(4400)는 노이즈 및 클러스터의 영향이 나타나는 하층 300m자료를 제외하고, 하층에서 상층으로 향하는 위치에서의 반사도의 변화값이 양수에서 음수로 변화하는 첫 번째 고도를 Rmin으로 설정할 수 있다.
- [0083] 제어부(4400)는 Rmin으로부터 미리 정해진 상층 고도를 Rmax로 설정할 수 있다. 예를 들어 제어부(4400)는 Rmin

으로부터 200m 상층 고도를 R_{max} 로 설정할 수 있다.

- [0084] 제어부(4400)는 R_{min} 부터 R_{max} 의 구간을 강수 발생층으로 설정할 수 있다.
- [0085] 제어부(4400)는 평균 반사도 및 시선 속도를 획득할 수 있다(S230).
- [0086] 제어부(4400)는 설정된 강수 발생층에서의 평균 반사도 및 시선 속도를 획득할 수 있다.
- [0087] 제어부(4400)는 평균 반사도 및 시선속도를 비교할 수 있다(S240).
- [0088] 제어부(4400)는 평균 반사도 및 시선속도와 미리 정해진 임계치를 비교할 수 있다.
- [0089] 예를 들어 제어부(4400)는 평균 반사도가 10dBZ를 초과하고, 시선속도가 $-3m/s$ 미만인지 여부를 판단할 수 있다.
- [0090] 제어부(4400)는 평균 반사도 및 시선 속도가 미리 정해진 조건을 만족하는 경우 강수 프로파일을 획득할 수 있다.
- [0091] 조건에 맞지 않는 데이터를 분석에서 제외하는 단계(S250).
- [0092] 제어부(4400)는 평균 반사도 및 시선속도가 미리 정해진 조건을 만족하지 못한 경우, 분석에서 제외할 수 있다.
- [0093] 예를 들어 제어부(4400)는 평균 반사도가 10dBZ미만이고, 시선속도가 $-3m/s$ 이상인 경우, 분석에서 제외할 수 있다.
- [0094] 제어부(4400)는 감쇠 영향을 판단할 수 있다(S300).
- [0095] 제어부(4400)는 강수 발생 시의 구름레이더(1000) 반사도, 구름레이더(1000)의 시선 속도, 인공위성(2000)의 운정 고도 및 연직강우레이더(3000)의 강우 강도에 기초하여 감쇠 영향을 판단할 수 있다.
- [0096] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 감쇠영향 판단 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0097] 도 5를 참조하면, 시선 속도를 미리 정해진 임계값과 비교하는 단계(S310), 감쇠 영향이 적은 것으로 판단하는 단계(S320), 운정 고도를 비교하는 단계(S330), 분석에서 제외하는 단계(S340) 및 감쇠 영향이 큰 것으로 판단하는 단계(S350)을 포함할 수 있다.
- [0098] 제어부(4400)는 시선 속도를 미리 정해진 임계값과 비교할 수 있다(S310).
- [0099] 예를 들어 제어부(4400)는 시선속도가 $-5m/s$ 를 초과하는 지 여부를 판단할 수 있다.
- [0100] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 적은 것으로 판단할 수 있다(S320).
- [0101] 제어부(4400)는 시선속도가 미리 정해진 임계값을 초과하는 경우, 감쇠 영향이 적은 것으로 판단할 수 있다. 예를 들러 제어부(4400)는 시선 속도가 $-5m/s$ 를 초과하는 경우, 감쇠 영향이 적은 것으로 판단할 수 있다.
- [0102] 제어부(4400)는 운정 고도를 비교할 수 있다(S330).
- [0103] 제어부(4400)는 시선속도가 미리 정해진 임계값 이하인 경우, 운정 고도를 비교할 수 있다. 예를 들어 제어부(4400)는 시선 속도가 $-5m/s$ 이하인 경우, 운정 고도를 비교할 수 있다.
- [0104] 제어부(4400)는 구름레이더(1000)의 운정 고도 및 인공위성(2000)의 운정 고도를 서로 비교할 수 있다.
- [0105] 제어부(4400)는 분석에서 제외할 수 있다(S340).
- [0106] 제어부(4400)는 구름레이더(1000)의 운정 고도로부터 획득한 데이터에 기초하여 산출된 구름의 운정 고도가 인공위성(2000)으로부터 획득한 데이터에 기초하여 산출된 운정 고도 보다 높은 경우, 데이터를 분석에서 제외할 수 있다.
- [0107] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 큰 것으로 판단할 수 있다(S350).
- [0108] 제어부(4400)는 구름레이더(1000)의 운정 고도로부터 획득한 데이터에 기초하여 산출된 구름의 운정 고도가 인공위성(2000)으로부터 획득한 데이터에 기초하여 산출된 운정 고도 보다 낮은 경우, 감쇠 영향이 큰 것으로 판단할 수 있다.
- [0109] 제어부(4400)는 Z-R 관계식을 획득할 수 있다(S400).

- [0110] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 적은 것으로 판단된 경우, Z-R 관계식을 획득할 수 있다.
- [0111] 제어부(4400)는 약한 강우에서의 구름레이더(1000) 반사도, 구름레이더(1000) 시선 속도와 연직강우레이더(3000)의 강우강도에 기초하여 Z-R관계식을 획득할 수 있다.
- [0112] 제어부(4400)는 구름레이더(1000)자료에서 오류를 발생시킬 수 있는 오류값을 제거하기 위하여 시선속도의 표준편차를 벗어나는 데이터는 제외할 수 있다.
- [0113] 제어부(4400)는 강수 발생층에서의 평균 반사도 및 시선속도에 기초하여 먹지수 형태의 Z-R관계식을 획득할 수 있다.
- [0114] 식1)

$$(R=aZ^b)$$

- [0115]
- [0116] 식 1은 Z-R관계식의 예시이다.
- [0117] 식 1에서 R은 강우 강도, Z는 반사도이며, a 및 b는 상수일 수 있다.
- [0118] 식 1에서 상수 a 및 b는 최소제곱법을 통하여 산출될 수 있다.
- [0119] 제어부(4400)는 A-R관계식을 획득할 수 있다(S500).
- [0120] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 큰 것으로 판단된 경우, A-R 관계식을 획득할 수 있다.
- [0121] 제어부(4400)는 강한 강우에서의 구름레이더(1000) 반사도, 구름레이더(1000) 시선 속도와 연직강우레이더(3000)의 강우강도에 기초하여 A-R관계식을 획득할 수 있다.
- [0122] 제어부(4400)는 감쇠 발생층을 설정할 수 있다.
- [0123] 제어부(4400)는 강수 발생층에서의 Rmin을 감쇠 발생층의 최저고도(Hmin)으로 설정할 수 있다.
- [0124] 제어부(4400)는 감쇠 발생층의 최저고도(Hmin)으로부터 미리 정해진 고도까지 미리 정해진 간격으로 복수의 감쇠 발생층을 설정할 수 있다. 예를 들어 제어부(4400)는 감쇠 발생층의 최저고도(Hmin)으로부터 100m증가된 범위로 2000m까지 20개의 감쇠 발생층을 설정할 수 있다. 보다 구체적으로 제어부(4400)는 Hmin~Hmin+100m 구간의 제1 감쇠 발생층, Hmin~Hmin+200m 구간의 제2 감쇠 발생층 및 Hmin~Hmin+300m 구간의 제3 감쇠 발생층과 같이 감쇠 발생층의 최저고도(Hmin)으로부터 두께를 증가한 복수의 감쇠 발생층을 설정할 수 있다. 또 형태의 예를 들어, 제어부(4400)는 Hmin~Hmin+Xm 구간의 제1 감쇠 발생층, 제1 감쇠 발생층+Xm 구간의 제2 감쇠 발생층, 제2 감쇠 발생층+Xm의 제3 감쇠층과 같이 이전 감쇠층에 미리 정해진 거리만큼 구간 범위를 증가하여 감쇠 발생층을 설정할 수 있다.
- [0125] 제어부(4400)는 각 감쇠 발생층의 최고 고도(Hmax)와 감쇠 발생층의 최저 고도(Hmin)에서 반사도의 차이값을 산출할 수 있다.
- [0126] 제어부(4400)는 각 감쇠 발생층의 두께에 따른 반사도 차이 값과 연직강우레이더 강우 강도의 상관 계수 변화에 기초하여 가장 높은 상관이 나타나는 두께를 갖는 감쇠 발생층을 최종 감쇠 발생층으로 선택할 수 있다.
- [0127] 제어부(4400)는 아래 식 2를 이용하여 감쇠값을 산출할 수 있다.
- [0128] 식 2)

$$A = \frac{Z(Hmin) - Z(Hmax)}{|Hmin - Hmax|}$$

- [0129]

[0130] 식2에서, A는 감쇠값, Z(Hmin)은 감쇠 발생층의 최저 고도에서의 반사도, Z(Hmax)는 감쇠 발생층의 최고 고도에서의 반사도, Hmin은 감쇠 발생층의 최저 고도, Hmax는 감쇠 발생층의 최고 고도일 수 있다.

[0131] 제어부(4400)는 반사도가 증가하여 감쇠값(A)이 음수로 나타나는 경우를 분석에서 제외할 수 있다. 또한, 제어부(4400)는 구름레이더(1000)자료에서 오류를 발생시킬 수 있는 오류값을 제거하기 위하여 시선속도의 표준편차를 벗어나는 데이터는 제외할 수 있다.

[0132] 제어부(4400)는 산출된 감쇠값(A)과 연직강우레이더 강우강도(R)를 이용하여 멱지수 형태의 A-R 관계식을 획득할 수 있다.

[0133] 식 3)

$$A = aR^b$$

[0134]

[0135] 식 3은 획득된 A-R관계식의 예시이다.

[0136] 여기서, A는 감쇠값, R은 강우 강도일 수 있으며, a 및 b는 상수일 수 있다. 또한 식 3에서 상수 a 및 b는 최소 제곱법을 통하여 산출될 수 있다.

[0139] 이하에서는 도 2 내지 5를 참조하여 설명한 관계식 산출 방법에 의해 산출된 Z-R 관계식 및 A-R 관계식을 이용하여 강우 강도를 산출하는 방법에 대해 설명하도록 한다.

[0140] 이하에서 설명되는 강우 강도 산출 방법에 있어서, 자료를 획득하는 단계(S100), 강수 프로파일을 획득하는 단계(S200), 감쇠 영향을 판단하는 단계(S300)는 도 3 내지 5를 참조하여 설명된 강우 강도 관계식 산출 방법과 동일하다. 따라서, 강우 강도 산출 방법을 설명하는데 있어서, 강우 강도 관계식 산출 방법과 동일한 구성 및 단계에 대해서는 동일한 부호를 사용하여 중복되는 설명에 대해서는 생략하여 설명하도록 한다.

[0141] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 강우 강도 산출 방법을 나타내는 순서도이다.

[0142] 도 6을 참조하면, 강우 강도 산출 방법은 참조하면 자료를 획득하는 단계(S100), 강수 프로파일을 획득하는 단계(S200), 감쇠 영향을 판단하는 단계(S300), Z-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하는 단계(S600) 및 A-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출하는 단계(S700)을 포함할 수 있다.

[0143] 제어부(4400)는 자료를 획득할 수 있다(S100).

[0144] 제어부(4400)는 강수 프로파일을 획득할 수 있다(S200).

[0145] 제어부(4400)는 감쇠 영향을 판단할 수 있다(S300).

[0146] 제어부(4400)는 Z-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출할 수 있다(S600).

[0147] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 적은 것으로 판단된 경우, Z-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출할 수 있다. 여기서, 강우 강도는 식 1의 관계식에 의해 산출될 수 있다.

[0148] 제어부(4400)는 산출된 강우 강도를 출력할 수 있다.

[0149] 제어부(4400)는 A-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출할 수 있다(S700).

[0150] 제어부(4400)는 감쇠 영향이 큰 것으로 판단된 경우, A-R관계식을 적용하여 강우 강도를 산출할 수 있다.

[0151] 식4)

$$R = b \sqrt{\frac{A}{a}}$$

[0152]

[0153] 제어부(4400)는 식3)의 관계식을 강우 강도(R)에 대한 식으로 변형한 식4)를 이용하여 강우 강도를 산출할 수 있다.

[0154] 여기서, R은 강우 강도 일 수 있으며, A는 값쇠값, 상수 a 및 b는 식 3)의 관계식 산출 시 최소제곱법을 통하여 산출된 상수값일 수 있다.

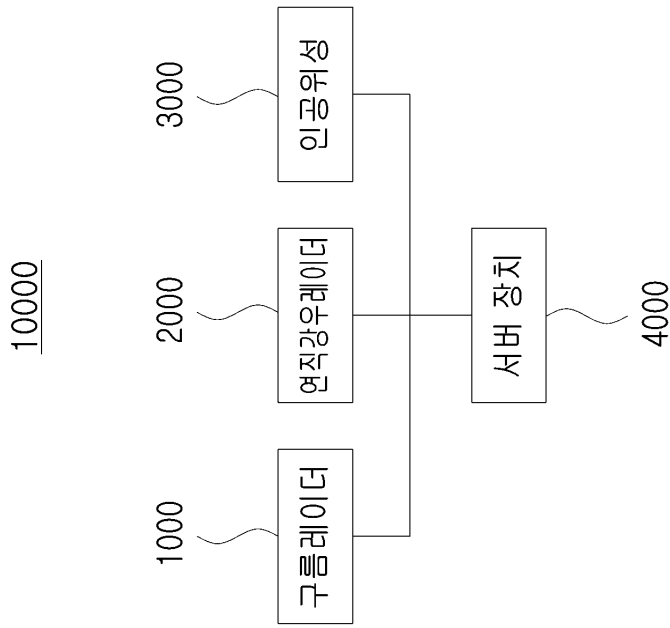
[0155] 제어부(4400)는 산출된 강우 강도를 출력할 수 있다.

[0156] 상기에서는 본 발명에 따른 실시예를 기준으로 본 발명의 구성과 특징을 설명하였으나 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 사상과 범위 내에서 다양하게 변경 또는 변형할 수 있음은 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자에게 명백한 것이며, 따라서 이와 같은 변경 또는 변형은 첨부된 특허청구범위에 속함을 밝혀둔다.

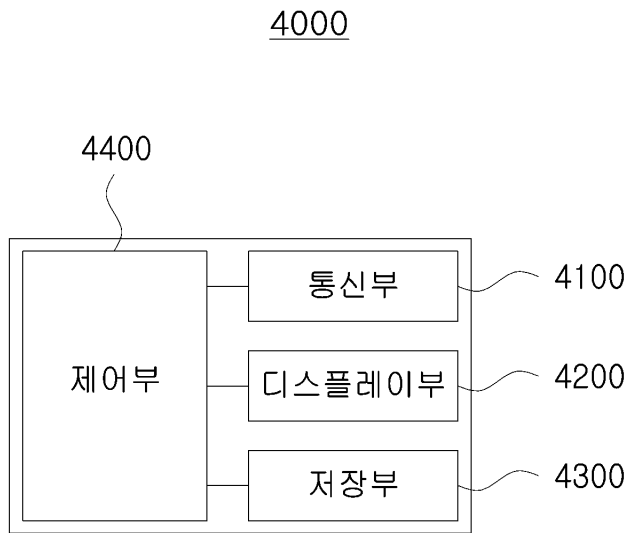
부호의 설명

- | | | |
|--------|-------------------|--------------|
| [0158] | 1000 강우 강도 산출 시스템 | 1000 구름레이더 |
| | 2000 인공위성 | 3000 연직강우레이더 |
| | 4000 서버 장치 | 4100 통신부 |
| | 4200 디스플레이부 | 4300 저장부 |
| | 4400 제어부 | |

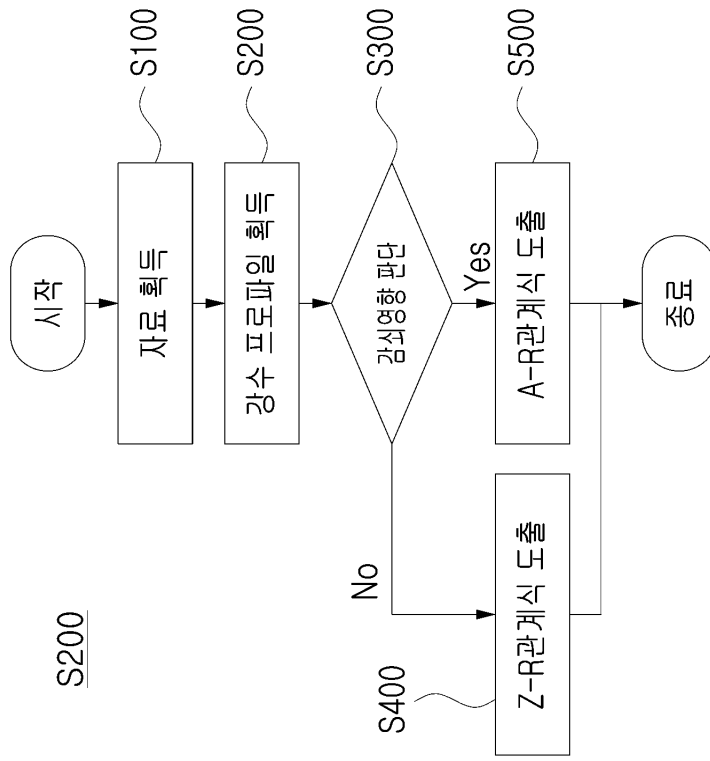
도면
도면1



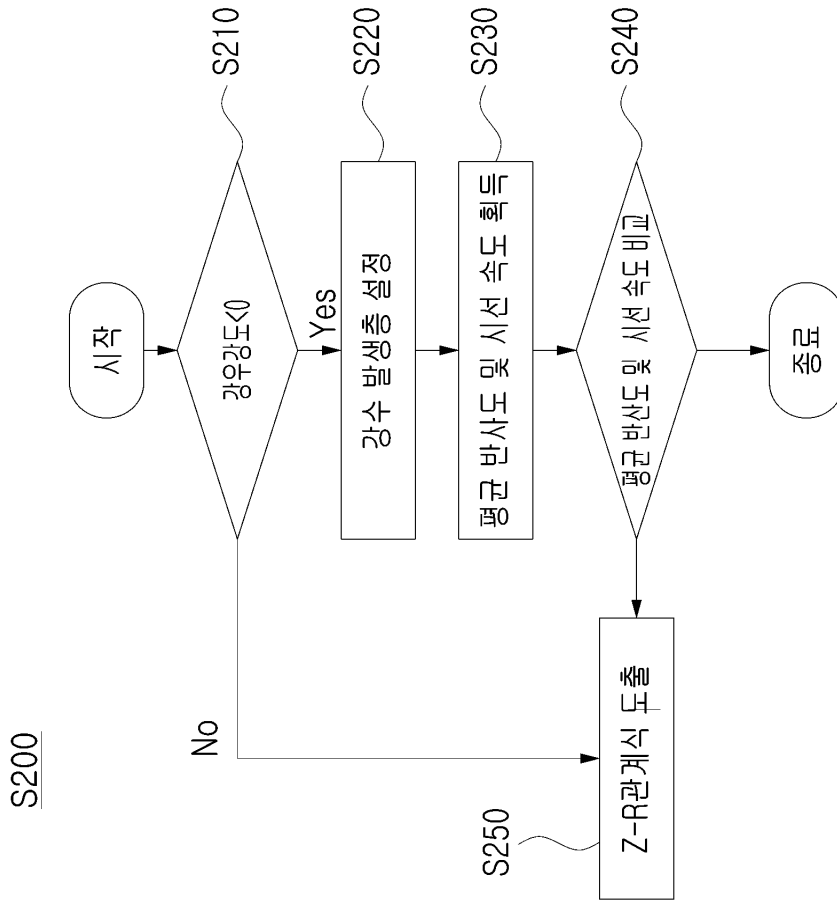
도면2



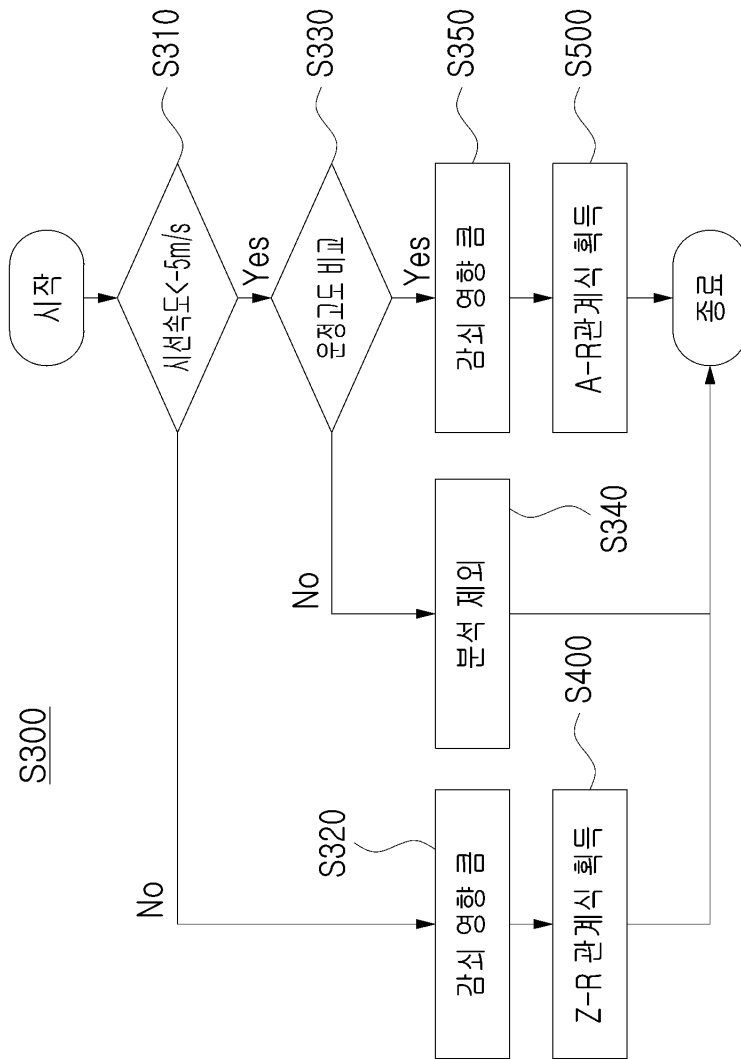
도면3



도면4



도면5



도면6

