(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0073817
(43) 공개일자 2017년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G01W 1/00* (2006.01) *G01W 1/14* (2006.01)
*G06F 17/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
*G01W 1/00* (2013.01)
*G01W 1/14* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0182037
(22) 출원일자 2015년12월18일
심사청구일자 2015년12월18일

(71) 출원인
**부경대학교 산학협력단**
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
**오재호**
서울특별시 금천구 한내로 62 1동 1105호 (독산동,한신아파트)
**김홍중**
경상남도 김해시 삼계로 232 현대아이아파트 109동 1703호
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인 대아**

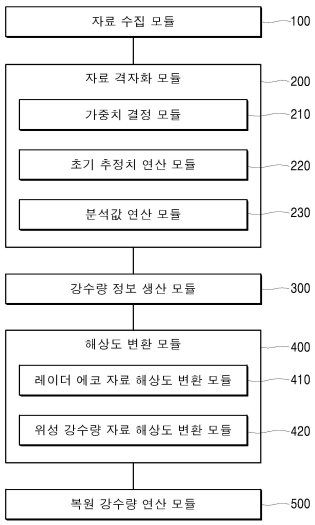
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법**

## (57) 요 약

본 발명은 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법에 대한 것으로서, 특히, 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 도출된 강수량 정보와 레이더 에코 강수량 정보 및 위성 강수량 정보에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산하는 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 본 발명은 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 이용하여 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료 오류를 감소시킬 수 있다. 또한, 본 발명은 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 도출된 강수량 정보와 레이더 에코 강수량 정보 및 위성 강수량 정보에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산함으로써, 과거 강수량을 정확하게 복원할 수 있다.

*대 표 도* - 도1



(52) CPC특허분류
*G06F 17/10* (2013.01)
(72) 발명자
**양신일**
경상남도 진주시 석갑로142번길 27-1 A동 402호 (신안동,삼명빌라)
**강형전**
제주특별자치도 제주시 동문로16길 11-21 (일도이동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 CATER 2014-6030
부처명 기상청
연구관리전문기관 한국기상산업진흥원
연구사업명 기상씨앗기술개발사업
연구과제명 미관측 지점 강수 자료 복원기법 개발 및 이를 이용한 서울시 시공간 강수 자료 복원
기 여 율 1/1
주관기관 부경대학교 산학협력단
연구기간 2014.12.24 ~ 2015.12.23

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형고도 자료를 수집하는 자료 수집 모듈과,

상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 강수량 정보 복원 모듈, 및

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보와, 레이더 에코 강수량 자료 및 위성 강수량 자료에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산하는 복원 강수량 연산 모듈을 포함하는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 레이더 에코 강수량 자료와 위성 강수량 자료를 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보의 해상도와 동일하게 변환하는 해상도 변환 모듈을 포함하는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 복원 강수량 연산 모듈에서 연산된 최종 복원 강수량($R$)은,

$R_{ij}=\omega_1 QR_{ij}+\omega_2 SR_{ij}+\omega_3 RR_{ij}$ 이며,

상기 $\omega_1$ 은 상기 $QR$ 에 대한 가중치,

상기 $\omega_2$ 는 상기 $SR$ 에 대한 가중치,

상기 $\omega_3$ 은 상기 $RR$ 에 대한 가중치,

상기 $QR$ 은 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량,

상기 $SR$ 은 위성 강수량,

상기 $RR$ 은 레이더 에코 강수량,

상기 $i$ 는 위도,

상기 $j$ 는 경도인 고해상도 강수량자료 복원시스템.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 $\omega_1$ 과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$ 의 합은 1이며,

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 없을 경우, 상기 $\omega_1$ 과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$ 은 $\frac{1}{3}$ 이고,

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 있을 경우, 결측값의 가중치는 0인 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 5**

청구항 4에 있어서,

상기 자료 수집 모듈에서 수집된 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 격자화하는 자료 격자화 모듈을 포함하는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 6**

청구항 5에 있어서,

상기 자료 격자화 모듈은,

격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 연산하여 결정하는 가중치 결정 모듈과,

상기 가중치 결정 모듈에서 결정된 가중치와, 각 관측 지점에서의 초기치로 각 격자점에서의 초기 추정치를 연산하는 초기 추정치 연산 모듈, 및

상기 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치들로부터 내삽하여 관측 지점에서의 분석값을 연산하고, 관측 지점에서의 초기값과 분석값의 차이에 거리에 따른 가중치를 두어 연산한 후 초기 추정치와 더하여 원하는 격자점에서의 분석값을 구하는 분석값 연산 모듈을 포함하는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 7**

청구항 6에 있어서,

상기 가중치($w_k$)는 $W_k = e^{-(d/R)^2}$ 이며,

상기 $R$ 은 영향 반경,

상기 $d$ 는 격자점으로부터 관측지점까지의 거리,

상기 $k$ 는 영향 반경 내의 각 관측 지점인 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 8**

청구항 7에 있어서,

상기 초기 추정치($I_g$)는,

$$I_g = \frac{\sum_{k=1}^{N} W_k I_k}{\sum_{k=1}^{N} W_k}$$ 이며,

상기 $I_k$는 각 관측 지점 $k$에서의 초기치,

상기 $g$는 각 격자점,

상기 $N$은 전체 관측지점의 개수인 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서,

상기 분석값 연산 모듈에서 연산되는 분석값($A_g$)은,

$$A_g = I_g + \frac{\sum_{k=1}^{N} W_k'(I_k - A_k)}{\sum_{k=1}^{N} W_k'}$$ 이며,

상기 $A_k$는 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치 $I_g$들로부터 내삽하여 연산된 관측 지점 $k$에서의 분석값,

상기 $W_k'$는 $W_k' = e^{-(d/R\Gamma)^2}$ 이고,

상기 $\Gamma$는 0과 1사이의 값을 갖는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 10**

청구항 9에 있어서,

지오포텐셜을 연산하는 지오포텐셜 연산 모듈을 포함하며,

상기 지오포텐셜은 $\Psi = \int_0^z g dz$ 에 의해 연산되고,

상기 $g$($ms^{-2}$)는 z(km)가 0이고 Z(km)가 0일 때 9.81, z(km)가 1이고 Z(km)가 1.00일 때 9.80, z(km)가 10이고 Z(km)가 9.99일 때 9.77, z(km)가 100이고 Z(km)가 98.47일 때 9.50, z(km)가 500이고 Z(km)가 463.6일 때 8.43인 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서,

수직 속도를 연산하는 수직 속도 연산 모듈을 포함하며,

상기 수직 속도는 $\omega = dp/dt$에 의해 연산되는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 12**

청구항 11에 있어서,

상기 강수량 정보 복원 모듈은 바이너리 형태로 격자화된 AWS 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 고해상도 강수량자료 복원시스템.

**청구항 13**

자료 수집 모듈이 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형고도 자료를 수집하는 단계와,

상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계, 및

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보와, 레이더 에코 자료 및 위성자료에 각각 가중치를 두어 복원 강수량 연산 모듈이 최종 복원 강수량을 연산하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 14**

청구항 13에 있어서,

상기 레이더 에코 강수량 자료와 위성 강수량 자료를 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보의 해상도와 동일하게 해상도 변환 모듈이 변환하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,

상기 복원 강수량 연산 모듈에서 연산된 최종 복원 강수량($R$)은,

$R_{ij} = \omega_1 QR_{ij} + \omega_2 SR_{ij} + \omega_3 RR_{ij}$이며,

상기 $\omega_1$은 상기 $QR$에 대한 가중치,

상기 $\omega_2$는 상기 $SR$에 대한 가중치,

상기 $\omega_3$은 상기 $RR$에 대한 가중치,

상기 $QR$은 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량,

상기 $SR$은 위성 강수량,

상기 $RR$은 레이더 에코 강수량,

상기 $i$는 위도,

상기 $j$는 경도인 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 16**

청구항 15에 있어서,

상기 $\omega_1$과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$의 합은 1이며,

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 없을 경우, 상기 $\omega_1$과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$은 $\frac{1}{3}$ 이고,

상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 있을 경우, 결측값의 가중치는 0인 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 17**

청구항 16에 있어서,

상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 자료 격자화 모듈이 격자화하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 18**

청구항 17에 있어서,

상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 자료 격자화 모듈이 격자화하는 단계는,

가중치 결정 모듈이 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 연산하여 결정하는 단계와,

상기 가중치 결정 모듈에서 결정된 가중치와, 각 관측 지점에서의 초기치로 각 격자점에서의 초기 추정치를 초기 추정치 연산 모듈이 연산하는 단계, 및

상기 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치들로부터 내삽하여 관측 지점에서의 분석값을 연산하고, 관측 지점에서의 초기값과 분석값의 차이에 거리에 따른 가중치를 두어 연산한 후 초기 추정치와 더하여 원하는 격자점에서의 분석값을 분석값 연산 모듈이 구하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 19**

청구항 18에 있어서,

상기 가중치($w_k$)는 $W_k = e^{-(d/R)^2}$ 이며,

상기 $R$은 영향 반경,

상기 $d$는 격자점으로부터 관측지점까지의 거리,

상기 $k$는 영향 반경 내의 각 관측 지점인 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 20**

청구항 19에 있어서,

상기 초기 추정치($I_g$)는,

$$I_g = \frac{\sum_{k=1}^{N} W_k I_k}{\sum_{k=1}^{N} W_k}$$ 이며,

상기 $I_k$는 각 관측 지점 $k$에서의 초기치,

상기 $g$는 각 격자점,

상기 $N$은 전체 관측지점의 개수인 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 21**

청구항 20에 있어서,

상기 분석값 연산 모듈에서 연산되는 분석값($A_g$)은,

$$A_g = I_g + \frac{\sum_{k=1}^{N} W'_k (I_k - A_k)}{\sum_{k=1}^{N} W'_k}$$ 이며,

상기 $A_k$는 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치 $I_g$들로부터 내삽하여 연산된 관측 지점 $k$에서의 분석값,

상기 $W'_k$는 $W'_k = e^{-(d/R\Gamma)^2}$ 이고,

상기 $\Gamma$는 0과 1사이의 값을 갖는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 22**

청구항 20에 있어서,

지오포텐셜 연산 모듈이 지오포텐셜을 연산하는 단계를 포함하며,

상기 지오포텐셜은 $\Psi = \int_0^z g dz$ 에 의해 연산되고,

상기 $g$ ($ms^{-2}$)는 z(km)가 0이고 Z(km)가 0일 때 9.81, z(km)가 1이고 Z(km)가 1.00일 때 9.80, z(km)가 10이고 Z(km)가 9.99일 때 9.77, z(km)가 100이고 Z(km)가 98.47일 때 9.50, z(km)가 500이고 Z(km)가 463.6일 때 8.43인인 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 23**

청구항 23에 있어서,

수직 속도 연산 모듈이 수직 속도를 연산하는 단계를 포함하며,

상기 수직 속도는 $\omega = dp/dt$ 에 의해 연산되는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

**청구항 24**

청구항 23에 있어서,

상기 격자화된 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계는,

바이너리 형태로 격자화된 AWS 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법에 대한 것으로서, 특히, 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 도출된 강수량 정보와 레이더 에코 강수량 정보 및 위성 강수량 정보에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산하는 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 도시 홍수, 병충해 등에 대한 과거 사상 연구는 0.1 ~ 1.0 km 해상도의 초고해상도 기상 자료가 필요하다. 과거 사상에 대해서는 이미 관측 자료가 존재하여 AWS 관측 자료를 이용한 사상 연구를 하지만 이 관측 자료는 관측 지점이 있는 장소만의 기상 자료를 제공한다. AWS(Automatic Weather System)관측 자료를 단순 보간법을 이용해 고해상도의 관측 자료로 만들면 이 자료는 동심원을 그리며 일정 지역의 자료가 '0'의 값으로 나타나는 현상이 발생한다. 위와 같은 문제를 해결하기 위해 AWS 관측 자료와 고해상도강수량진단모형을(Quantitative Precipitation Model, QPM)이용하여 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료를 복원하여 일정 지역의 자료가 '0'의 값으로 나타나는 현상을 제거 하고 고해상도의 자료를 복원할 수 있는 방법이 요구되고 있다.

### *선행기술문헌*

### *비특허문헌*

[0003] (비특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1335209호(2013.11.25. 등록)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 목적은 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료를 고해상도강수량진단모형을 이용하여 오류가 상대적으로 적은 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 상술한 목적을 달성하기 위해 본 발명은 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형고도 자료를 수집하는 자료 수집 모듈과, 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 강수량 정보 복원 모듈, 및 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보와, 레이더 에코 강수량 자료 및 위성 강수량 자료에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산하는 복원 강수량 연산 모듈을 포함하는 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법을 제공한다.

[0006] 상기 레이더 에코 강수량 자료와 위성 강수량 자료를 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보의 해상도와 동일하게 변환하는 해상도 변환 모듈을 포함한다.

[0007] 상기 자료 수집 모듈에서 수집된 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 격자화하는 자료 격자화 모듈을 포함한다.

[0008] 상기 자료 격자화 모듈은, 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 연산하여 결정하는 가중치 결정 모듈과, 상기 가중치 결정 모듈에서 결정된 가중치와, 각 관측 지점에서의 초기치로 각 격자점에서의 초기 추정치를 연산하는 초기 추정치 연산 모듈, 및 상기 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치들로부터 내삽하여 관측 지점에서의 분석값을 연산하고, 관측 지점에서의 초기값과 분석값의 차이에 거리에 따른 가중치를 두어 연산한 후 초기 추정치와 더하여 원하는 격자점에서의 분석값을 구하는 분석값 연산 모듈을 포함한다.

[0009] 상기 가중치($w_k$)는 $W_k = e^{-(d/R)^2}$ 이며, 상기 $R$은 영향 반경, 상기 $d$는 격자점으로부터 관측지점까지의 거리, 상기 $k$는 영향 반경 내의 각 관측 지점이다.

[0010] 상기 초기 추정치($I_g$)는, $$I_g = \frac{\sum_{k=1}^{N} W_k I_k}{\sum_{k=1}^{N} W_k}$$ 이며, 상기 $I_k$는 각 관측 지점 $k$에서의 초기치, 상기 $g$는 각 격자점, 상기 $N$은 전체 관측지점의 개수이다.

[0011] 상기 분석값 연산 모듈에서 연산되는 분석값($A_g$)은, $$A_g = I_g + \frac{\sum_{k=1}^{N} W'_k (I_k - A_k)}{\sum_{k=1}^{N} W'_k}$$ 이며, 상기 $A_k$는 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치 $I_g$들로부터 내삽하여 연산된 관

측 지점 $k$에서의 분석값, 상기 $W_k'$는 $W_k'=e^{-(d/R\Gamma)^2}$ 이고, 상기 $\Gamma$는 0과 1사이의 값을 갖는다.

[0012] 지오포텐셜을 연산하는 지오포텐셜 연산 모듈을 포함하며, 상기 지오포텐셜은 $\Psi=\int_0^z g dz$ 에 의해 연산되고, 상기 $g$(ms$^{-2}$)는 z(km)가 0이고 Z(km)가 0일 때 9.81, z(km)가 1이고 Z(km)가 1.00일 때 9.80, z(km)가 10이고 Z(km)가 9.99일 때 9.77, z(km)가 100이고 Z(km)가 98.47일 때 9.50, z(km)가 500이고 Z(km)가 463.6일 때 8.43이다.

[0013] 수직 속도를 연산하는 수직 속도 연산 모듈을 포함하며, 상기 수직 속도는 $\omega=dp/dt$ 에 의해 연산된다.

[0014] 상기 강수량 정보 복원 모듈은 바이너리 형태로 격자화된 AWS 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원한다.

[0015] 또한, 본 발명은 자료 수집 모듈이 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형고도 자료를 수집하는 단계와, 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계, 및 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보와, 레이더 에코 자료 및 위성자료에 각각 가중치를 두어 복원 강수량 연산 모듈이 최종 복원 강수량을 연산하는 단계를 포함하는 고해상도 강수량자료 복원 방법을 제공한다.

[0016] 상기 레이더 에코 강수량 자료와 위성 강수량 자료를 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량 정보의 해상도와 동일하게 해상도 변환 모듈이 변환하는 단계를 포함하며, 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 자료 격자화 모듈이 격자화하는 단계를 포함한다.

[0017] 상기 복원 강수량 연산 모듈에서 연산된 최종 복원 강수량($R$)은, $R_{ij}=\omega_1 QR_{ij}+\omega_2 SR_{ij}+\omega_3 RR_{ij}$이며, 상기 $\omega_1$은 상기 $QR$에 대한 가중치, 상기 $\omega_2$는 상기 $SR$에 대한 가중치, 상기 $\omega_3$은 상기 $RR$에 대한 가중치, 상기 $QR$은 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량, 상기 $SR$은 위성 강수량, 상기 $RR$은 레이더 에코 강수량, 상기 $i$는 위도, 상기 $j$는 경도이다. 또한, 상기 $\omega_1$과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$의 합은 1이며, 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 없을 경우, 상기 $\omega_1$과 $\omega_2$ 및 $\omega_3$은 $\frac{1}{3}$ 이고, 상기 강수량 정보 복원 모듈에서 복원된 강수량과, 상기 위성 강수량 및 상기 레이더 에코 강수량 중, 결측값이 있을 경우, 결측값의 가중치는 0이다.

[0018] 상기 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수 및 DEM 지형 고도 자료를 Barnes 객관 분석법으로 자료 격자화 모듈이 격자화하는 단계는, 가중치 결정 모듈이 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 연산하여 결정하는 단계와, 상기 가중치 결정 모듈에서 결정된 가중치와, 각 관측 지점에서의 초기치로 각 격자점에서의 초기 추정치를 초기 추정치 연산 모듈이 연산하는 단계, 및 상기 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치들로부터 내삽하여 관측 지점에서의 분석값을 연산하고, 관측 지점에서의 초기값과 분석값의 차이에 거리에 따른 가중치를 두어 연산한 후 초기 추정치와 더

하여 원하는 격자점에서의 분석값을 분석값 연산 모듈이 구하는 단계를 포함한다.

[0019] 지오포텐셜 연산 모듈이 지오포텐셜을 연산하는 단계를 포함하며, 상기 지오포텐셜은 $\Psi = \int_0^z g dz$ 에 의해 연산되고, 상기 $g$ ($ms^{-2}$)는 z(km)가 0이고 Z(km)가 0일 때 9.81, z(km)가 1이고 Z(km)가 1.00일 때 9.80, z(km)가 10이고 Z(km)가 9.99일 때 9.77, z(km)가 100이고 Z(km)가 98.47일 때 9.50, z(km)가 500이고 Z(km)가 463.6일 때 8.43이다.

[0020] 수직 속도 연산 모듈이 수직 속도를 연산하는 단계를 포함하며, 상기 수직 속도는 $\omega = dp/dt$ 에 의해 연산된다.

[0021] 상기 격자화된 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계는, 바이너리 형태로 격자화된 AWS 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 단계를 포함한다.

## 발명의 효과

[0022] 본 발명은 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 이용하여 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료를 오류가 상대적으로 적다.

[0023] 또한, 본 발명은 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 도출된 강수량 정보와 레이더 에코 강수량 정보 및 위성 강수량 정보에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산함으로써, 과거 강수량을 정확하게 복원할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법의 블록도.

도 2는 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템 및 그 방법에서 자료 격자화를 설명하기 위한 도면.

도 3은 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원 방법의 순서도.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 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.

[0027] 도 1은 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템의 블록도이다.

[0028] 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템은 도 1에 도시된 바와 같이, 재분석 자료와 레이더 에코 강수량 자료 및 위성 강수량 자료를 수집하는 자료 수집 모듈(100)과, 불규칙한 재분석 자료를 격자화하는 자료 격자화 모듈(200), 격자화된 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원하는 강수량 정보 복원 모듈(300), 레이더 에코 강수량 자료와 위성 강수량 자료의 해상도를 변환하는 해상도 변환 모듈(400), 및 복원된 강수량 정보와 레이더 에코 강수량 자료 및 위성 강수량 자료에 가중치를 각각 부여하여 복원 강수량을 연산하는 복원 강수량 연산 모듈(500)을 포함한다.

[0029] 도 2는 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템에서 자료 격자화를 설명하기 위한 도면이다.

[0030] 자료 수집 모듈(100)은 지상 강수량 자료를 복원하기 위한 재분석 자료를 수집하는 재분석 자료 수집 모듈과, 레이더 에코 자료를 수집하는 레이더 에코 자료 수집 모듈, 및 위성 강수량 자료를 수집하는 위성 강수량 자료 수집 모듈을 포함한다. 여기서, 수집되는 재분석 자료 수집 모듈에서 수집되는 재분석 자료는 재분석 자료의 지상 강수량, 재분석 자료의 상층 변수, 및 DEM 지형고도 자료를 포함한다. 또한, 상층 변수는 상대습도, 지오포텐셜 고도, 동서류, 남북류, 연직속도 및 기온을 포함한다.

[0031] 자료 격자화 모듈(200)은 불규칙한 형태를 가진 재분석 자료를 고해상도강수량진단모형에 접합할 수 있도록 격자화한다. 본 발명에서 격자화를 위한 내삽법으로 Barnes(1964) 객관 분석법을 이용하며, Barnes 객관 분석법은 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 주어 불규칙하게 분포하는 관측 지점의 값들로부터 일정한 격자점의 값을 계산하는 방법이다. 또한, 이에 따라, 자료 격자화 모듈(200)은 가중치 결정 모듈(210)과 초기 추정치 연산 모듈(220) 및 분석값 연산 모듈(230)을 포함한다.

[0032] 가중치 결정 모듈(210)은 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 구한다. 영향 반경을 $R$, 격자점으로부터 관측 지점까지의 거리를 $d$라고 하면, 영향 반경 내의 각 관측 지점 $k$에서의 거리에 따른 가중치는 아래의 수학식 1과 같이 주어진다.

*수학식 1*

[0033] $$W_k = e^{-(d/R)^2}$$

[0034] 초기 추정치 연산 모듈(220)은 가중치 결정 모듈(210)에서 영향 반경 내 격자점과 관측 지점 사이의 거리에 따른 가중치가 결정되면, 각 관측 지점 $k$에서의 초기치 $I_k$를 이용하여 아래의 수학식 2와 같이 각 격자점 $g$에서의 초기 추정치 $I_g$를 연산한다.

*수학식 2*

[0035] $$I_g = \frac{\sum_{k=1}^{N} W_k I_k}{\sum_{k=1}^{N} W_k}$$

[0036] 수학식 2에서, $N$ 은 전체 관측지점의 수이다.

[0037] 분석값 연산 모듈(230)은 관측 지점을 중심으로 하여 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치 $I_g$들로부터 수학식 2와 같이 내삽하여 관측 지점 $k$에서의 분석값인 $A_k$를 연산한다. 이후, 수학식 3에서와 같이 관측 지점 $k$에서의 초기값 $I_k$와 분석값 $A_k$의 차이에 거리에 따른 가중치 $W'_k$를 두어 계산한 후 수학식 2에서 구한 $I_g$와 더하여 원하는 격자점 $g$에서의 분석값 $A_g$을 얻는다.

*수학식 3*

$$A_g = I_g + \frac{\sum_{k=1}^{N} W'_k (I_k - A_k)}{\sum_{k=1}^{N} W'_k}$$

[0038]

[0039] 여기서, 가중치 $W'_k$는 아래의 수학식 4와 같이 연산된다.

*수학식 4*

$$W'_k = e^{-(d/R\Gamma)^2}$$

[0040]

[0041] 수학식 4에서, $\Gamma$는 0과 1사이의 값을 갖는다.

[0042] 이때, 해상도는 AWS 관측소 분포의 평균 거리를 고려하여 10km로 하는 것이 바람직하다.

[0043] 고해상도강수량진단모형(Quantitative Precipitation Model, QPM)에 필요한 자료는 표 1과 같다.

*표 1*

[0044]

| | 구성요소 [단위] |
|---|---|
| 1 | 총 강수량(Total precipitation) [kg/m2] |
| 2 | 대상풍(zonal wind) [m/s] |
| 3 | 자오선 바람(meridional wind) [m/s] |
| 4 | 지오포텐셜(geopotential) [m2/s2] |
| 5 | 기온(temperature) [K] |
| 6 | 수직 속도(vertical velocity) ω=dp/dt [Pa/s] |
| 7 | 상대 습도(relative humidity) [%] |

[0045] AWS 관측 자료에서는 표 1의 4번 항인 지오포텐셜과 6번 항인 수직 속도를 제공하지 않으므로 각각 $\Psi = \int_0^z g dz$, $\omega = dp/dt$ 식을 이용하여 구한다. 이에 따라서, 본 발명은 지오포텐셜을 연산하는 지오포텐셜 연산 모듈과 수직 속도를 연산하는 수직 속도 연산 모듈을 더 구비한다. 또한, 여기서 $g$는 표 2에 따라 적용한다.

*표 2*

[0046]

| z(km) | Z(km) | g($ms^{-2}$) |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 9.81 |
| 1 | 1.00 | 9.80 |
| 10 | 9.99 | 9.77 |
| 100 | 98.47 | 9.50 |
| 500 | 463.6 | 8.43 |

[0047] 격자화된 AWS자료의 형태(format)는 고해상도강수량진단모형에 접합하기 위해 바이너리(binary) 형태를 취한다.

[0048] 강수량 정보 복원 모듈(300)은 바이너리 형태인 격자화된 AWS 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력하여 강수량 정보를 복원한다.

[0049] 해상도 변환 모듈(400)은 레이더 에코 자료와 위성 강수량 자료의 해상도를 강수량 정보 복원 모듈(300)에서 복원된 지상 강수량 자료와 동일하게 변환한다. 이를 위해, 해상도 변환 모듈(400)은 레이더 에코 자료의 해상도를 변환하는 레이더 에코 자료 해상도 변환 모듈(410)과, 위성 강수량 자료의 해상도를 변환하는 위성 강수량 자료 해상도 변환 모듈(420)을 포함한다.

[0050] 복원 강수량 연산 모듈(500)은 레이더 에코 자료와 위성자료, 재분석 자료로 1차 복원한 강수량 자료에 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산한다. 여기서, 최종 복원 강수량($R$)은 아래의 수학식 5와 같다.

*수학식 5*

[0051] $$R_{ij}=\omega_1 QR_{ij}+\omega_2 SR_{ij}+\omega_3 RR_{ij}$$

[0052] 수학식 5에서, $R$은 최종 복원 강수량이며, $\omega_n$은 각 가중치이다. 또한, 각 가중치의 합은 1($\omega_1+\omega_2+\omega_3=1$)이며, $QR$은 강수량 정보 복원 모듈(200)에서 복원된 지형성 강수를 고려한 복원 강수량을 의미한다. $SR$은 위성 강수, $RR$은 레이더 에코 강수, $i$는 위도, $j$는 경도를 의미한다.

[0053] 또한, 가중치는 최종 복원 강수량의 격자와 겹치는 관측지점을 선정한 후, 선정한 관측지점의 강수량과 해당 격자의 강수량을 비교하였을 때 가장 일치하도록 가중치를 조정한다.

[0054] 물론, 강수량 정보 복원 모듈(200)에서 복원된 지형성 강수를 고려한 복원 강수량과 위성 강수 및 레이더 에코 강수는 서로 다른 자료와 서로 다른 방법으로 생성된 것이므로, $\omega_1=\omega_2=\omega_3=\frac{1}{3}$ 와 같이 동일한 가중치를 적용하는 것이 바람직하다. 또한, 강수량 정보 복원 모듈(200)에서 복원된 지형성 강수를 고려한 복원 강수량과 위성 강수 및 레이더 에코 강수 중 결측값이 존재하는 경우, 해당 가중치는 0으로 한다. 예를 들어, 레이더 에코 강수가 결측인 경우, $\omega_1=\omega_2=0.5,\ \omega_3=0$ 이 된다. 또한, 위성 강수와 레이더 에코 강수가 결측인 경우, $\omega_1=1,\ \omega_2=\omega_3=0$ 이 된다.

[0055] 상술한 바와 같이, 본 발명은 AWS 관측 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 이용하여 AWS 관측 자료가 가지는 한계점을 보완하여 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료를 오류가 상대적으로 적은 고해상도강수량진단모형을 이용하여 과거 사상 상세강수량자료복원시스템을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명은 초기 자료에 따른 민감도가 큰 고해상도강수량진단모형에 기상 모델의 예측값을 초기 자료로 사용하는 것보다 관측소가 있는 부분의 값을 유지하면서 관측소가 없는 위치의 값을 연산할 수 있는 장점이 있다. 또한, 복원된 강수자료는 과거 도시 홍수 및 병충해 등 다양한 과거 사상 연구에 활용될 수 있다.

[0056] 다음은 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원 방법에 대해 도면을 참조하여 설명하고자 한다. 후술할 내용 중 전술된 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원시스템의 설명과 중복되는 내용은 생략하거나 간략히 설명

한다.

[0057] 도 3은 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원 방법의 순서도이다.

[0058] 본 발명에 따른 고해상도 강수량자료 복원 방법은 도 3에 도시된 바와 같이, 자료를 수집하는 단계(S1)와, 불규칙한 자료를 격자화하는 격자화 단계(S2), 격자화된 자료를 입력값으로 하여 강수량 정보를 복원하는 강수량 정보 복원 단계(S3), 해상도 변환 단계(S4), 및 복원 강수량 연산 단계(S5)를 포함한다.

[0059] 자료를 수집하는 단계(S1)는 자료 수집 모듈이 지상 강수량 자료를 복원하기 위한 재분석 자료와 레이더 에코 자료 및 위성 강수량 자료를 수집한다. 여기서, 재분석 자료는 전술된 바와 같이, 재분석 자료의 지상 강수량과 재분석 자료의 상층 변수, 및 DEM 지형고도 자료를 포함한다.

[0060] 격자화 단계(S2)는 불규칙한 형태를 가진 AWS 자료를 고해상도강수량진단모형에 접합할 수 있도록 격자화 모듈이 격자화한다. 이는 전술된 바와 같이, Barnes(1964) 객관 분석법을 이용하며, 이에 따라서, 격자화 단계(S1)는 가중치를 결정하는 단계(S2-1)와, 초기 추정치를 연산하는 단계(S2-2), 및 분석값을 연산하는 단계(S2-3)를 포함한다.

[0061] 가중치를 결정하는 단계(S2-1)는 가중치 결정 모듈이 격자 점 주변의 관측 지점의 값에 격자점으로부터의 거리에 따른 가중치를 구한다. 가중치를 결정하는 단계(S2-1)에서 가중치는 전술된 수학식 1과 같이 구하여 결정할 수 있다.

[0062] 초기 추정치를 연산하는 단계(S1-2)는 가중치를 결정하는 단계(S1-1)에서 결정된 영향 반경 내 격자점과 관측 지점 사이의 거리에 따른 가중치와, 각 관측 지점 $k$에서의 초기치 $I_k$를 이용하여 초기 추정치 연산 모듈이 전술된 수학식 2와 같이 각 격자점 $g$에서의 초기 추정치 $I_g$를 연산한다.

[0063] 분석값을 연산하는 단계(S1-3)는 초기 추정치를 연산하는 단계(S1-2)에서 관측 지점을 중심으로 하여 연산된 영향반경 내 격자점에서의 초기 추정치 $I_g$들로부터 분석값 연산 모듈이 전술된 수학식 2와 같이 내삽하여 관측 지점 $k$에서의 분석값인 $A_k$를 계산한다. 이후, 수학식 3에서와 같이 관측 지점 $k$에서의 초기값 $I_k$와 분석값 $A_k$의 차이에 거리에 따른 가중치 $W_k'$를 두어 계산한 후 수학식 2에서 구한 $I_g$와 더하여 원하는 격자점 $g$에서의 분석값 $A_g$을 얻는다.

[0064] 한편, 전술된 바와 같이, AWS 관측 자료에서는 지오포텐셜과 수직 속도를 제공하지 않으므로 본 발명은 지오포텐셜을 연산하는 단계와, 수직 속도를 연산하는 단계를 더 포함한다. 또한, 지오포텐셜을 연산하는 단계는 지오포텐셜 연산 모듈이 $\Psi = \int_0^z g dz$ 을 이용하여 지오포텐셜을 연산하며, 수직 속도를 연산하는 단계는 수직 속도 연산 모듈이 $\omega = dp/dt$ 을 이용하여 수직 속도를 연산한다.

[0065] 강수량 정보 복원 단계(S3)는 바이너리 형태인 격자화된 AWS 자료를 강수량 정보 복원 모듈이 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 입력받아 강수량 정보를 복원한다.

[0066] 해상도 변환 단계(S4)는 해상도 변환 모듈이 레이더 에코 자료와 위성 강수량 자료의 해상도를 강수량 정보 복원 단계(S3)에서 복원된 지상 강수량 자료와 동일하게 변환한다.

[0067] 복원 강수량 연산 단계(S5)는 복원 강수량 연산 모듈이 재분석 자료와, 전술된 해상도 변환 단계(S4)에서 해상도가 변환된 레이더 에코 자료 및 위성 자료에 전술된 바와 같이, 각각 가중치를 두어 최종 복원 강수량을 연산한다.

[0068] 상술한 바와 같이, 본 발명은 AWS 관측 자료를 고해상도강수량진단모형의 초기자료로 이용하여 원하는 지역의 0.1 ~ 1.0 km 강수 자료를 오류가 상대적으로 적은 고해상도강수량진단모형을 이용하여 과거 사상 고해상도 강수량자료 복원 방법을 제공할 수 있다.

[0069] 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

[0070] 100: 자료 수집 모듈 200: 자료 격자화 모듈

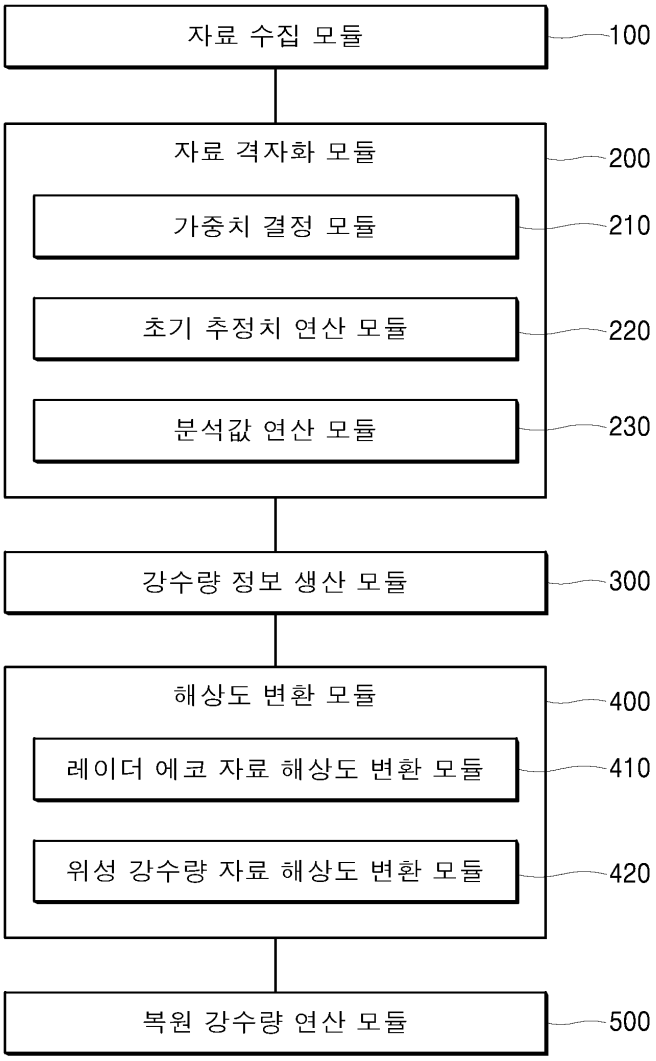
210: 가중치 결정 모듈 220: 초기 추정치 연산 모듈

230: 분석값 연산 모듈 300: 강수량 정보 복원 모듈

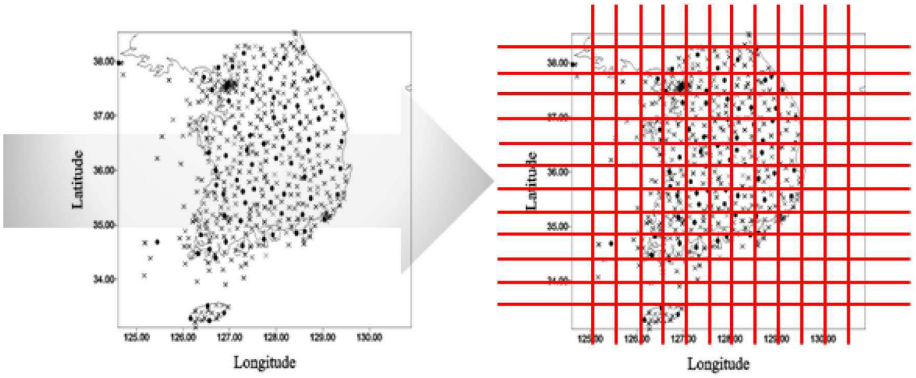
400: 해상도 변환 모듈 500: 복원 강수량 연산 모듈

## 도면

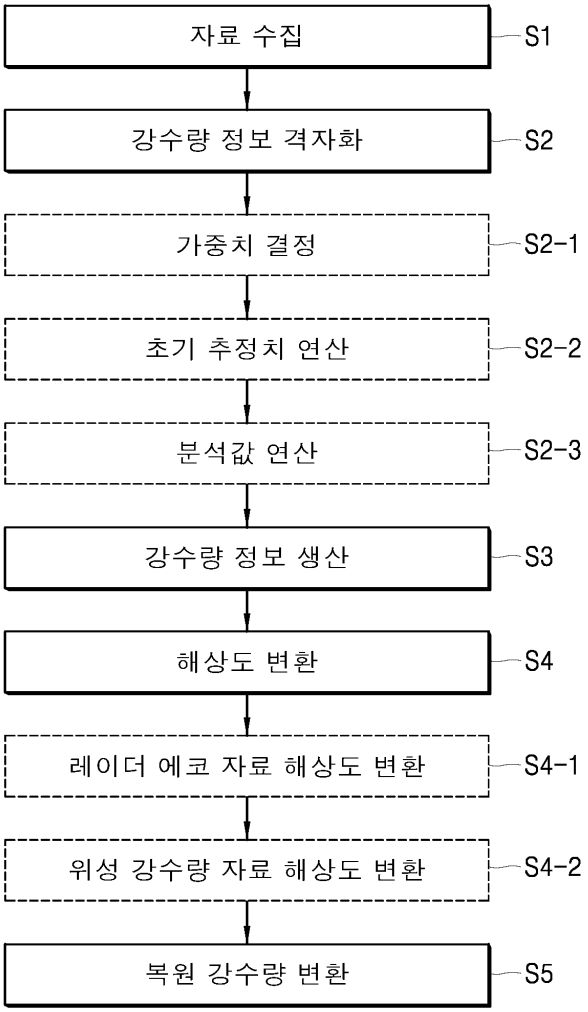
### 도면1



도면2


Latitude
Longitude
38.00
37.00
36.00
35.00
34.00
125.00
126.00
127.00
128.00
129.00
130.00

도면3


자료 수집
S1
강수량 정보 격자화
S2
가중치 결정
S2-1
초기 추정치 연산
S2-2
분석값 연산
S2-3
강수량 정보 생산
S3
해상도 변환
S4
레이더 에코 자료 해상도 변환
S4-1
위성 강수량 자료 해상도 변환
S4-2
복원 강수량 변환
S5