



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0009570
(43) 공개일자 2017년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/14 (2006.01) G01J 5/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01W 1/14 (2013.01)
G01J 5/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0101828
(22) 출원일자 2015년07월17일
심사청구일자 2015년07월17일

(71) 출원인
대한민국(기상청장)
서울특별시 동작구 여의대방로16길 61 (신대방동)
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
홍성욱
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
환경에너지공간융합과
권영주
충청북도 진천군 광혜원면 화랑2길 10
(74) 대리인
김인한

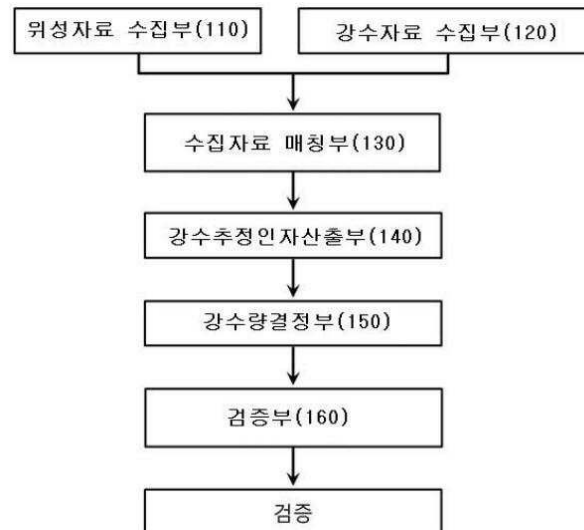
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템 및 이를 이용한 강수량추정방법

(57) 요약

본 발명은 수동형 마이크로웨이브 위성 GCOM-W1 AMSR2의 관측 자료를 이용하여 개선된 정확도의 육상 강수량을 추정하는 시스템 및 방법에 관한 것으로, 전자기파의 편광 성질 혹은 채널에 따른 전자기파 상호작용의 민감도 차이를 이용함으로써, 시/공간 일치 과정을 AMSR2 관측 자료에서부터 PCT와 SI를 계산하고 AWS 누적 강수 관측치와 비교함으로써 개선된 육상 강수량 강도 추정할 수 있도록 한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

인공위성의 관측센서로부터 대상 관측지점의 휘도온도를 포함하는 위성관측정보를 전송받는 위성자료 수집부;
 자동기상관측장비(AWS)에서 측정되는 상기 대상 관측지점에 대한 누적강수를 포함하는 지상관측정보를 전송받는 강수자료 수집부;
 상기 위성관측정보와 상기 지상관측정보를 공간정보 및 시간정보를 일치시키는 수집자료 매칭부; 및
 상기수집자료매칭부에서 보정된 공간정보 및 시간정보를 적용하여 대상 관측지점의 복사보정온도(PCT) 및 산란지수(SI)를 산출하는 강수추정인자 산출부;
 상기 강수추정인자 산출부에서 산출된 복사보정온도 및 산란지수를 적용하여 강수량을 추정하는 강수량 결정부;
 를 포함하는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 관측센서는,
 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1의 AMSR2센서인 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,
 상기수집자료매칭부는,
 상기 위성관측정보와 상기 지상관측정보의 공간정보 및 시간정보를 일치시키되,
 상기 자동기상관측장비의 상기 대상 관측지점에 해당하는 상기 인공위성의 관측센서의 픽셀의 휘도온도를 적용하여 상기 공간정보를 일치시키고,
 상기 공간정보가 일치된 정보를 기준으로, 상기 자동화관측장비의 대상 관측지점 별 밝기온도자료와 상기 대상 관측지점의 누적강수정보사이의 관계를,
 하기의 {식 1}에 의해 결정하는 것을 특징으로 하는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템.

{식 1}

$$R = \frac{1}{n-1} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_X} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_Y} \right);$$

(단, 여기서 $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ (평균), $S_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ (표준 편차)이다.)

청구항 4

청구항 3에 있어서,
 상기 강수추정인자 산출부는,
 하기의 {식 1} 내지 {식 4}를 적용하여 산출되는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템.

{식2}

$$PCT = 2.18 TB_V - 1.18 TB_H \quad \text{for } 36.5 \text{ GHz}$$

{식 3}

$$PCT = 1.818 TB_V - 0.818 TB_H \quad \text{for } 89.0 \text{ GHz}$$

{식4}

$$SI = Est_{85V} - TB_{85V}$$

(단, Est_{85V} 는 청천의 하늘 밝기를 의미하고, TB_{85V} 는 관측된 하늘 밝기를 의미한다. 또한, TB_V 는 수직편파 온도, TB_H 는 수평편파 온도를 의미한다.)

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 강수량 결정부는,

하기의 {식 5}에 따라 강수량을 결정하는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템.

{식 5}

$$(\text{Rain Rate [mm/h]}) = a + b (PCT/SI) + c (PCT/SI)^2$$

(단, a, b, c는 결정 계수이다.)

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 강수량 결정부는 상기 {식 5}의 결정계수를 하기의 {식 6} 내지 {식 8}에 따르는 인공위성을 이용한 육상 지역의 강수량추정시스템.

{식 6}

$$(\text{Rain Rate [mm/h]}) = 1430.75 - 9.71090 (PCT) + 0.016485 (PCT)^2 \quad \text{for } 36.5\text{GHz}$$

{식 7}

$$(\text{Rain Rate [mm/h]}) = 128.453 - 0.76740 (PCT) + 0.0011471 (PCT)^2 \quad \text{for } 89.0\text{GHz}$$

{식 8}

$$(\text{Rain Rate}) = 3.28433 + 0.083361 (SI) + 0.0014529 (SI)^2 \quad [\text{mm/h}] \quad \text{for } SI$$

청구항 7

위성자료수집부에서 수동형 마이크로파 위성의 AMSR2(Advanced Microwave Scanning Radiometer)센서의 관측채널별로회도온도를 포함하는 위성관측정보를 전송받고,

강수량자료수집부에서 자동기상관측장비에서 측정되는 대상 관측지점에서의 누적강수를 포함하는 지상관측정보를 전송받고,

상기 대상 관측지점의 대한 상기 위성관측정보와 상기 지상관측정보의 공간 및 시간을 하기의 {식 1}의 상관관계에 따라 일치시키고,

상기 공간 및 시간 정보가 일치된 정보를 적용하여 상기 대상 관측지점의 복사보정온도 및 산란지수를, 하기의

{식 2} 내지 {식 4}에 의해 산출하며,

상기 산출된 상기 대상 관측지점의 복사보정온도 및 산란지수를 적용하여 하기의 {식 5}에 따라 강수량을 추정하는,

청구항 1에 따른 강수량 추정시스템을 적용하는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량 추정방법.

{식 1}

$$R = \frac{1}{n-1} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_X} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_Y} \right);$$

{식2}

$$PCT = 2.18 \text{ TB}_V - 1.18 \text{ TB}_H \quad \text{for } 36.5 \text{ GHz}$$

{식 3}

$$PCT = 1.818 \text{ TB}_V - 0.818 \text{ TB}_H \quad \text{for } 89.0 \text{ GHz}$$

{식4}

$$SI = \text{Est}_{85V} - \text{TB}_{85V}$$

{식 5}

$$(\text{Rain Rate [mm/h]}) = a + b (PCT/SI) + c (PCT/SI)^2$$

(단, $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ (평균), $S_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$ (표준 편차)이며, Est_{85V} 는 청천의 하늘 밝기를 의미하고, TB_{85V} 는 관측된 하늘 밝기를 의미한다. 또한, TB_V 는 수직편과 온도, TB_H 는 수평편과 온도이며, 문자 a, b, c는 결정 계수이다.)

청구항 8

청구항 7에 따른 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량 추정방법을 컴퓨터에서 수행이 가능하도록 하는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로웨이브 인공위성의 관측자료를 바탕으로 강수량(rain rate, 단위:mm/hr)을 산출하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 태풍과 같이 매년 발생하며, 집중호우를 동반하는 자연재해로 인해 전 세계는 막대한 인적, 경제적 손실을 입고 있다. 특히 여름철 장마, 태풍, 집중호우 등은 홍수와 같은 수해로 이어질 수 있으므로 사전 방재와 손실이 생긴 경우 복구에 필요한 주요 정보를 얻기 위한 정확하고 신속한 탐지가 필요하다. 또한 강수는 수문과 기후를 이해하는데 중요한 역할을 하고 있다.

[0004] 인공위성을 이용한 강수 연구는 오랜 기간 동안 많은 연구가 지속되어왔다. 위성을 이용한 강수 탐지는 자동기상관측장비(AWS:Automatic Weather System)나 레이더 등 지상의 강수 관측 시스템에 비해, 넓은 영역의 정보를 제공하여 전지구적 강수 발생과 분포 등을분석에 유리하다. 뿐만 아니라위성을 활용한 강수 탐지는 태풍과 같은

위험기상의 조기 감지와초단기 실황 예보에 활용할 수 있다.

[0005] 현재 기상청에서는 천리안 위성 (Communication, Ocean and Meteorological Satellite; COMS) 자료를 통해 강수 탐지와 분석에 활용 가능한 강우강도 (Rainfall Index, RI)와대류운강우강도(Convective Rainfall Rate, CRR) 산출물을 서비스하고 있다. 천리안 강우강도 산출물의 경우 적외선 채널의 휘도 온도와 인공위성 마이크로파 센서인 SSM/I (Special Sensor Microwave Imager)의 강수 자료 사이의 경험적 관계를 이용하여 회귀계수를 산출하고 강우 강도를 추정하는 방식을 사용한다. 그러나 이 방법은 강수 구름을 관측하여 강우를 추정하는 간접 방법으로 강한 강수를 과소 추정하는 경향을 보인다. 물리적으로 적외선 파장이 강수와 직접 반응하지 않기 때문이다.

[0006] 따라서, 보다 정확한 강수량의 추정의 필요성이 커지고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1174466호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상술한 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1 (Global Change Observation Mission-Water 1)의 AMSR-2(Advanced Microwave Scanning Radiometer 2)센서의 관측 자료를 이용하여 복사보정온도(Polarization-correction temperature, 이하, ‘PCT’ 라 한다.)와 산란지수(Scattering Index, 이하, ‘SI’ 라 한다.)를 계산하고 AWS 누적 강수 자료사이의 관계식으로부터 계수를 도출하여 한반도 지역에 적합하도록 강수량 추정 알고리즘을 포함하는 산출모듈을 개발하여 강수 추정 정확도를 개선하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명은 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1 AMSR2 관측 자료를 전자기파의 편광적 성질, 또는 채널에 따른 전자기파 상호작용의 민감도 차이를 이용함으로써, 개선된 강수량 강도 추정 방법을 제시하고자 한다.

[0010] 구체적으로 본 발명의 실시예에서는 인공위성의 관측센서로부터 대상 관측지점의 휘도온도를 포함하는 위성관측 정보를 전송받는 위성자료 수집부와자동기상관측장비(AWS)에서 측정되는 상기 대상 관측지점에 대한 누적강수를 포함하는 지상관측정보를 전송받는 강수량자료 수집부, 상기 위성관측정보와 상기 지상관측정보를 공간정보 및 시간정보를 일치시키는 수집자료 매칭부 및 상기수집자료매칭부에서 보정된 공간정보 및 시간정보를 적용하여 대상 관측지점의 PCT 및 SI를 산출하는 강수량추정인자 산출부, 상기 강수량추정인자 산출부에서 산출된 복사보정온도 및 산란지수를 적용하여 강수량을 추정하는 강수량 결정부를 포함하는 인공위성을 이용한 육상지역의 강수량추정시스템을 제공할 수 있도록 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시예에 따르면, AMSR2 관측자료를 바탕으로 보다 개선된 정확도로 강수량을 제공할 수 있다. 따라서, 집중호우와 그로 인한 재난재해 발생시 피해 정도를 예측하는데 유용하게 사용될 수 있으며, 손실로 인한 복구 등을 위한 매우 중요한 산업적, 경제적 정보를 제공할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 도시한 개략적인 구성 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 사용한 시간 일치 과정의 예를표시한 그래프이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 적용한 결과를 표시한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 이용하여 강수량을 추정하는 방법을 제시하는데 사용된 소프트웨어 구현의 일례를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명에 따른 구성 및 작용을 구체적으로 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성요소는 동일한 참조부여를 부여하고, 이에 대한 중복설명은 생략하기로 한다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0017] 본 발명은 마이크로웨이브 위성의 관측으로부터 강수량(mm/hr)을 산출하는 시스템 및 방법을 제공하는 것을 요지로 한다. 좀 더 상세히 설명하면, 그 절차로는 강수량 관련 마이크로파 위성자료와 지상관측자료(예, 자동기상관측자료(AWS))를 시공간 일치한 후에, 새로운 관계식(PCT 기법, SI기법, PCT기법과 SI 기법의 융합법)을 완성하고, 그 마이크로파 위성관측자료를 입력자료로 새로운 관계식을 적용하여, 육상에서 내리는 강수량을 추정하는 방법 및 시스템에 관한 것이다.
- [0018] 마이크로파 센서를 탑재한 극궤도위성을 활용한 강수 산출은 적외 채널을 이용하여 강수를 추정하는 정지기상위성에 비해 강수 입자와의 직접적으로물리적 연관 관계가 있으므로, 정확한 강수 탐지가 가능하다. 수동한 마이크로파 위성을 활용한 강수 측정은저주파수 (e.g. 19GHz) 채널의 경우 수적의 마이크로파 방출 효과에 의한휘도온도를 이용하므로 방출(emission) 기반 방법이라 하고, 고주파수 (e.g. 85GHz) 채널의 경우 수 mm 크기 수적이 나 빙정의 마이크로파 산란 효과에 의해 낮은 휘도온도를 보이므로 산란(Scattering) 기반 방법이라한다. 본 발명의 실시예에 따른 인공위성의 관측센서의 적용예에서는 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1의 AMSR2센서의 관측 채널 중 36.5GHz와 89.0GHz를 사용하여 이러한 방식을 혼합하여 적용한다.
- [0019] 특히, 본 발명의 실시예에서 강수량 산출인자로 사용하는 PCT 기법과SI기법은 특수한 알고리즘을 바탕으로 산출될 수 있도록 한다.
- [0020] 상기 복사보정온도(PCT)는 강수입자에 의해 발생하는 약한 편광(Polarization) 현상을 이용하여 편광의 정도와 강수량 사이 관계를 이용하는 방법으로 PCT와 강수량은 반비례관계를 보인다. 반면에 산란 지수 (Scattering Index) 방법은 강수 입자에 의해 산란된 마이크로파의 휘도온도를 추정하여 강수량과의 관계를 찾는 방법으로 산란지수와 강수량은 비례관계를 보인다. 본 발명의 실시예에 따른 마이크로파 위성을 활용한 강수 추정 방법은 다른 위성에서 제시한 강수량이나, 레이더에서 측정한 강수량과의 비교 검증을 통해 강수량 산출 알고리즘에서 더 나아가, 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1 AMSR2 관측 자료를 전자기파의 편광적 성질, 또는 채널에 따른 전자기파 상호작용의 민감도 차이를 이용함으로써, 보다 정밀한 강수량 강도를 추정할 수 있도록 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 도시한 개략적인 구성 블록도이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템은 외부의 인공위성과 자동기상관측장비, 그리고 인공위성의 관측센서와 자동기상관측장비에서의 관측자료를 전송받아 강수량을 추정하는 강수량 추정장비를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0023] 이중, 강수량추정장비는 상술한 상기 인공위성 및 자동기상관측장비와 통신이 가능한 모듈을 구비할 수 있으며, 전송받은 자료로 강수량을 추정할 수 있는 추정모듈은 다음과 같이 구성될 수 있도록 한다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 구성하는 강수량추정모듈은 인공위성의 관측센서로부터 대상 관측지점의 휘도온도를 포함하는 위성관측정보를 전송받는 위성자료 수집부(110)와 자동기상관측장비(AWS)에서 측정되는 상기 대상 관측지점에 대한 누적강수를 포함하는 지상관측정보를 전송받는 강수자료 수집부(120), 그리고 상기 위성관측정보와 상기 지상관측정보를 공간정보 및 시간정보를 일치시키는 수집자료 매칭부(130) 및 상기 수집자료매칭부에서 보정된 공간정보 및 시간정보를 적용하여 대상 관측지점의 복사보정온도(PCT) 및 산란지수(SI)를 산출하는 강수추정인자 산출부(140), 그리고 상기 강수추정인자 산출부에서 산출된 복사보정온도 및 산란지수를 적용하여 강수량을 추정하는 강수량 결정부(150)를 포함하여 구성될 수 있다.

- [0025] 이 경우, 상기 관측센서는 상술한 것과 같이 수동형 마이크로파 위성 GCOM-W1의 AMSR2센서의 관측채널 중 36.5GHz와 89.0GHz를 사용할 수 있도록 한다.
- [0026] 상기 위성자료 수집부(110)는 인공위성의 관측센서로부터 대상 관측지점의 휘도온도를 포함하는 위성관측정보를 전송받아 저장 분류할 수 있는 기능을 수행한다. 나아가, 상기 강수량 수집부(120)는 자동기상관측장비(AWS)에서 측정되는 상기 대상 관측지점에 대한 누적강수를 포함하는 지상관측정보를 전송받아 분류 저장할 수 있는 기능을 수행한다.
- [0027] 이 경우, 상기 위성 관측 정보와 지상 관측 정보는 상호간의 자료의 규격이 달라, 본 발명에 따른 강수량 추정 에 사용되는 추정인자로 사용하기 위해서는 시간 정보의 일치과정(시간일치)과 공간 정보의 일치과정(공간일치)을 수행함이 바람직하다. 구체적으로는, 공간일치의 경우 AWS 관측 지점에 해당하는 AMSR2 픽셀의 휘도온도를 사용하여 공간정보를 보정하며, 시간일치는 공간일치를 통해 AWS 지점별 AMSR2 밝기온도 자료와 AWS 지점별 누적 강수 (15분) 자료 사이의 상관성 정도를 확인하여 결정했다. 두 자료 사이의 상관성 정도는 하기의 {식 1}으로 정의된 피어슨 상관계수를 기준으로 했다.
- [0028] {식 1}
- $$R = \frac{1}{n-1} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{S_X} \right) \left(\frac{Y_i - \bar{Y}}{S_Y} \right);$$
- [0029]
- $$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \text{ (평균)}, \quad S_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \text{ (표준 편차)이다.}$$
- [0030] 여기서
- [0031] AWS누적 강수는 1분 간격으로 제공되므로 1분마다 AWS지점별 휘도온도와 누적 강수 사이 상관계수를 구할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강수 추정 시스템에서의 강수추정인자 산출부 (140)는 상기 수집자료매칭부 (130)에서 보정된 공간정보 및 시간정보를 적용하여 대상 관측지점의 복사보정온도(PCT) 및 산란지수(SI)를 산출하는 기능을 수행한다. 이러한 과정을 다음의 예를 들어 설명하기로 한다.
- [0033] 도 2는 상기 수집자료 매칭부(130)의 기능을 설명하기 위한 실시예로, 구체적으로 도안 2 에는 2014년 7월 25일에 있었던 강수에 대해 1분 간격으로 계산한 AMSR2 관측 휘도온도로부터 결정한 36.5, 89.0 GHz에서의 PCT값과 AWS 누적 강수와 상관성 변화를 나타내는 그래프로 가로축 시간은 {(AWS 시각)-(AMSR2 관측 시각)}을 의미한다.
- [0034] 피어슨 상관계수는 0에 가까울수록 상관성이 떨어지고 1이나 -1에 가까울수록 양 혹은 음의 선형 관계성이 강하게 나타남을 의미한다.
- [0035] PCT의 경우 강수량과 반비례관계를 보이므로 -1에 가까울수록 잘 어울리는 것으로 본다. 그래프에서는 36.5GHz 채널의 경우 5분을 기준으로 상관성의 정도가 증가하다가 다시 감소하는 모습을 보인다.
- [0036] 이러한 결과정보를 바탕으로, 상기 수집자료 매칭부(130)에서는 AMSR2 관측 시각으로부터 5분이 지난 시각의 AWS 누적 강수 자료가 36.5GHz 채널의 PCT와 가장 잘 어울린다는 점을 확인할 수 있고, 이렇게 시각을 찾는 방법으로 시간일치를 수행했다. 시간 일치과정은 AMSR2 관측자료마다 수행했으며 매 AMSR2 관측자료마다 적절한 일치시간을 각각 수행한다.
- [0037] 상기 강수추정인자 산출부(150)는 수집자료매칭부에서 보정된 공간정보 및 시간정보를 적용하여 대상 관측지점의 복사보정온도(PCT) 및 산란지수(SI)를 산출하는 기능을 수행하며, 이하에서는 상기 강수추정인자 산출부 상술한 수집자료매칭부(130)의 작용 이후의 과정을 통해 설명하기로 한다.
- [0038] 상기 강수추정인자 산출부(150)의 작용의 예시로는, 강수 알고리즘은 2012년 7-8월, 2013년 7-8월 강우가 있었던 날을 찾고 해당 날의 AMSR2 관측 자료(레벨 1)와 AWS 15분 누적 강수자료를 수집했다. 그 후, 앞에서 설명한 방법으로 시/공간 일치를 적용한 자료에 대해 36.5, 89.0 GHz에서의 PCT값과 SI를 산출한다.
- [0039] 하기의 {식 2}와 {식 3}은 37GHz, 85GHz에서의 PCT 계산식이다. 이는 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program)위성에 탑재된 SSM/I(Special Sensor Microwave Imager)나 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission)위성의 마이크로웨이브 센서인 TMI(TRMM Microwave Imager)에 적용하는 식으로, SSM/I의 37GHz와 85GHz는 각각 GCOM-W1위성 AMSR2의 36.5GHz와 89.0GHz 채널과 유사하므로 두 식을 적용한다. 이하에서는 TB_v는 수직편파 온도, TB_h는 수평편파 온도를 의미한다.

- [0040] {식2}
- [0041] $PCT = 2.18 TB_V - 1.18 TB_H$ for 36.5 GHz
- [0042] {식 3}
- [0043] $PCT = 1.818 TB_V - 0.818 TB_H$ for 89.0 GHz
- [0044] {식4} $SI = Est_{85V} - TB_{85V}$
- [0046] {식 4}는 산란지수를 결정하는 식으로 Est_{85V} 는 청천의 하늘 밝기를 의미하고, TB_{85V} 는 관측된 하늘 밝기를 의미한다.
- [0047] TB_{85V} 는 채널의 유사성으로 AMSR2 89.0GHz 채널의 밝기를 사용했으며, Est_{85V} 는 강수입자의 영향을 상대적으로 덜 받는 19, 22GHz 채널의 밝기를 통해 추정할 수 있다. Est_{85V} 는 Chen 등 (2005)이 제시한 추정식 $EST_{85V} = 220.878 - 0.747 TB_{19V} + 0.554 TB_{22V} + 0.00147 (TB_{22V})^2$ 를 이용했다. 이 식에서도 마찬가지로 19, 22 GHz는 AMSR2의 유사한 채널인 18.7, 23.8GHz 채널을 사용했다.
- [0048] 상술한 수식을 반영한 알고리즘을 이용하여 대상 관측지점의 복사보정온도(PCT) 및 산란지수(SI)를 산출하고, 이후 상기 강수량결정부(150)에서는 하기의 식 5를 적용하여 강수량을 추정할 수 있도록 한다.
- [0049] 구체적으로는, 상기의 {식 1} 내지 {식 3}을 이용하여 계산한 36.5GHz PCT, 89.0GHz와 SI는 시간 일치한 AWS 15분 누적 자료와의 상관성을 다음 식의 이차 방정식에 맞춰 계수를 결정한다. 본 발명에서는 다음과 같은 식을 적용한다.
- [0050] {식5}
- [0051] $(\text{Rain Rate [mm/h]}) = a + b (PCT/SI) + c (PCT/SI)^2$
- [0052] 상기 {식 5}에서 a, b, c는 결정 계수이다. 상기 결정 계수는 최소제곱오차를 최소화하는 계수를 찾는 방법으로 결정했다. 계수를 결정하는데 사용된 관측 자료는 2012년 7월-8월, 2013년 7월-8월에 강수가 있었던 날의 자료를 사용했다. 결정된 계수는 다음과 같다.
- [0053] {식6}
- [0054] $(\text{Rain Rate [mm/h]}) = 1430.75 - 9.71090 (PCT) + 0.016485 (PCT)^2$ for 36.5GHz
- [0055] {식7}
- [0056] $(\text{Rain Rate [mm/h]}) = 128.453 - 0.76740 (PCT) + 0.0011471 (PCT)^2$ for 89.0GHz
- [0057] {식8}
- [0058] $(\text{Rain Rate}) = 3.28433 + 0.083361 (SI) + 0.0014529 (SI)^2$ [mm/h] for SI
- [0059] 본 발명에서 제시하는 계수의 검증은 본 발명의 강수량 추정시스템의 검증부(160)에서 구현될 수 있다. 일례로, 상기 검증부(160)에서는 2014년 7월-8월에 있었던 강수 자료를 기준으로 했다. 도 3의 위쪽 3개 그래프는 본 발명에서 제시하는 계수를 사용한 강수량 추정과 관측치인 AWS 누적강수와 비교한 그래프로 왼쪽에서부터 36.5 GHz의 PCT, 89.0 GHz의 PCT, SI를 이용해 결정된 강수량과의 비교이다.
- [0060] 도 3의 아래쪽의 3개 그림은 같은 순서로 AJAX에서 AMSR2 레벨3 자료로 제공하는 강수량자료와 AWS 관측과의 비교 그래프이다. AWS를 이용하여 한반도 지역에 특화된 강수 알고리즘은 AMSR2 L3 강수량자료와 비교했을때 개선된 결과를 확일 할 수 있다
- [0061] 앞서 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 대류운 탐지 시스템을 통해 구현되는 대류운의 탐지방법은 소프트웨어를 통해 구현 가능하다. 따라서, 상술한 시스템과 방법은 소프트웨어적인 구성으로 컴퓨터에서 처리 가능한 프로그램으로 제작이 가능하다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 강수량 추정 시스템을 이용하여 강수량을 추정하는

방법을 제시하는데 사용된 소프트웨어 구현의 일례를 도시한 것이다.

[0062] 아울러, 상술한 실시예에서 본 발명에 따른 다양한 구성에 사용되는 '~부'라는 용어는 소프트웨어 또는 FPGA또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, '~부'는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '~부'는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

[0063] 전술한 바와 같은 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였다. 그러나 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능하다. 본 발명의 기술적 사상은 본 발명의 기술한 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

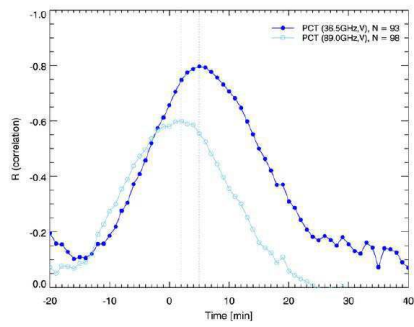
[0065] 110: 위성자료 수집부
120: 강수자료 수집부
130: 수집자료 매칭부
140: 강수 추정인자 산출부
150: 강수량 결정부
160: 검증부

도면

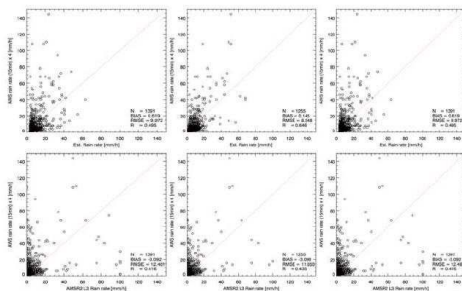
도면1



도면2



도면3



도면4

```

%-----
% - Making A data set of PCT and Rain Rate from 2014. Jul. to Aug.
%-----
r1AWS = ptr_new(/allocate) & r1L3 = ptr_new(/allocate)
r1PCT = ptr_new(/allocate)
tbvs = ptr_new(/allocate) & tbhs = ptr_new(/allocate)
pcts = ptr_new(/allocate) & lnds = ptr_new(/allocate)

amsr = obj_new('AMSR2(AWS)')
tool = obj_new('tools')

readcol('/2014.sit', date, orb, time, format='a,a,i', /silent

IF keyword_set(pct36) THEN out = '_tot_36GHz.png' ELSE out = '_tot_89GHz.png'
IF keyword_set(pct36) THEN xtit='PCT (36.5GHz)' ELSE xtit='PCT (89.0GHz)'

FOR i=0, N_elements(date)-1 do begin
; - Rain rate data from AWS
void = amsr->setParams(date=date[i], asc=(orb[i] eq 'A' ? 1 : 0), ifreq = 6)
awsrain = amsr->getAWSrain(at=time[i])
l3rain = amsr->getL3Rain(date=date[i], asc=(orb[i] eq 'A' ? 1 : 0))

; - AMSR2 BT (V & H) and Land/Ocean flag
IF keyword_set(pct36) THEN BEGIN
  etnlist = tool->readData(date[i], orb[i], g36=ch, pct36=pct)
  PCTrain = 1480.75 - (9.71090 * PCT) + (0.016485 * PCT^2)
  out = '_36GHz.png'
ENDIF ELSE BEGIN
  etnlist = tool->readData(date[i], orb[i], g89=ch, pct89=pct)
  PCTrain = 128.453 - (0.76740 * PCT) + (0.0011471 * PCT^2)
  out = '_89GHz.png'
ENDIFELSE

IDX = WHERE(ch.v GT 0 and ch.h GT 0 and ch.l LE 10 and awsrain GT 0, Ndat)
yr = [ 0, (max(awsrain)*0.4 GT 80 ? cell(max(awsrain)*0.04*10 : 80) ]

*(r1AWS) = *(r1AWS), AWSrain] & *(r1PCT) = *(r1PCT), PCTrain]
*(r1L3) = *(r1L3), L3rain]

*(pcts) = *(pcts), pct] & *(tbvs) = *(tbvs), ch.v]
*(tbhs) = *(tbhs), ch.h] & *(lnds) = *(lnds), ch.l]

ENDFOR

r1sAWS = *(r1AWS) & r1sPCT = *(r1PCT) & r1sL3 = *(r1L3)
tbv = *(tbvs) & tbh = *(tbhs) & lnd = *(lnds)

ptr_free, r1AWS & ptr_free, r1PCT & ptr_free, r1L3
ptr_free, tbvs & ptr_free, tbhs
ptr_free, lnds & ptr_free, pcts
obj_destroy, amsr

```