



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월15일
(11) 등록번호 10-0963532
(24) 등록일자 2010년06월07일

(51) Int. Cl.

G01W 1/14 (2006.01) G01S 17/95 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0108153

(22) 출원일자 2009년11월10일

심사청구일자 2009년11월10일

(56) 선행기술조사문헌

KR100922128 B1

논문"지상 우량계의 강우강도를 이용한 개선된 레이더 강우강도의 실시간 추정"(정성화 외, 한국기상학회지 41, 5, 2005)

(73) 특허권자

부경대학교 산학협력단

부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내

(72) 발명자

이동인

부산광역시 남구 용호동 LG메트로시티 205동 802호

유철환

부산광역시 동래구 명장2동 503-48 15/1

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 박기석

(54) 기상레이더의 강수량 추정 방법

(57) 요약

본 발명은 기상레이더의 강수량 추정 방법에 관한 것으로서, 극좌표로 구성된 레이더 자료를 3차원 직교좌표계로 변환하는 제1단계와, 상기 직교좌표계에서 우적계의 반사도를 기준값으로 설정하고 상기 우적계로부터 일정한 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 찾아내는 제2단계와, 상기 우적계의 일정 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 연직방향으로 일정한 간격만큼 탐색하여 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아내는 제3단계와, 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도에서 레이더의 반사도 값과 우적계 반사도 값의 비($Z_{레이더}/Z_{우적계}$)를 구하는 제4단계와, 상기 제4단계에서 구해진 반사도 값의 비를 기상레이더의 유효 관측 반경까지 적용시켜 레이더 반사도를 보정한 후 Z-R 관계식을 이용하여 강수량을 산출하는 제5단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.(단, Z-R 관계식은 $Z=aR^b$ 이고, 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며, R은 강수강도(mm/h)이고, a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)

이와 같은 본 발명은, 공간적 변동이 심한 레이더 반사도의 오차를 최소화함으로써 초단시간 강수량 추정의 신뢰도 향상과 함께 실시간 예측 능력을 향상시키고, 국지성 집중호우 등에 의한 피해로부터 예방할 수 있는 장점이 있다.

(72) 발명자

장 민

부산광역시 기장군 철마면 장전리 159-1번지

강미영

부산광역시 동래구 명장2동 503-48번지

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K20607010000

부처명 교육과학기술부 한국연구재단

연구사업명 글로벌연구실사업

연구과제명 동지나해 공동해역에서의 대기 강수시스템 및 호우 발달에 관한 연구

주관기관 부경대학교

연구기간 2009년 04월 01일~2010년 03월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

우적계와 레이더 반사도를 이용하여 기상레이더의 강수량을 추정하는 방법에 있어서,

극좌표로 구성된 레이더 자료를 3차원 직교좌표계로 변환하는 제1단계;

상기 직교좌표계에서 우적계의 반사도를 기준값으로 설정하고, 상기 우적계로부터 일정한 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 찾아내는 제2단계;

상기 우적계의 일정 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 연직방향으로 일정한 간격만큼 탐색하여 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아내는 제3단계;

반사도 값의 차이가 최소화되는 고도에서 레이더의 반사도 값과 우적계 반사도 값의 비($Z_{\text{레이더}}/Z_{\text{우적계}}$)를 구하는 제4단계; 및

상기 제4단계에서 구해진 반사도 값의 비를 기상레이더의 유효 관측 반경까지 적용시켜 레이더 반사도를 보정한 후 Z-R 관계식을 이용하여 강수량을 산출하는 제5단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 강수량 추정 방법.(단, Z-R 관계식은 $Z=aR^b$ 이고, 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며, R은 강수강도(mm/h)이고, a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1단계 내지 제4단계는 매 10분 간격마다 실시간으로 수행하는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 강수량 추정 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 3차원 직교좌표계는 $250\text{km} \times 250\text{km} \times 15\text{km}$ 의 영역으로 1km의 수평해상도와 0.1km의 연직해상도로 이루어지는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 강수량 추정 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제3단계에서는 레이더 반사도를 연직방향으로 100m 간격만큼 탐색하는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 강수량 추정 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제5단계의 레이더 반사도의 보정 값(Corrected $Z_{\text{레이더}}$)은 다음 식

$$\text{Corrected } Z_{\text{레이더}} = Z_{\text{레이더}} / \frac{Z_{\text{레이더}}}{Z_{\text{우적계}}}$$

(여기서, $Z_{\text{레이더}}$ 는 레이저 반사도이고, $Z_{\text{우적계}}$ 는 우적계 반사도이다.)

에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 강수량 추정 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 기상레이더의 강수량 추정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도에서 각각의 반사도 값을 비교하여 레이더 반사도를 보정한 후 Z-R 관계식을 이용해 강수량을 산출하는 기상레이더의 강수량 추정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로 기상(氣象)레이더는 전자기파를 발사하여 기상학적 목표물에 반사 또는 산란되어 오는 전파신호의 크기를 계산하는 장비로써, 넓은 영역(유효관측반경: 240km)을 매우 빠르게(10분) 감시할 수 있기 때문에 넓은 영역의 강수량을 산출하는 가장 효율적인 원격탐사장비 중 하나이다.
- [0003] 이러한 기상레이더는 강수량을 직접 계산하는 것이 아니라 전자기파를 발사하여 대기중에 존재하는 목표물에서 반사 또는 산란되어 오는 신호의 크기로 강수량을 정량적으로 산출하게 된다.
- [0004] 목표물에 산란되어 오는 신호(반사도)는 기상레이더에서 발사되는 펄스 볼륨 내에 존재하는 물방울의 크기분포와 관계가 있으며, 지상에 떨어지는 강수량도 물방울의 크기분포의 함수이므로 레이더 반사도와 지상 강수량과의 Z-R관계식($Z=aR^b$)을 사용하면 레이더 반사도로부터 지상 강수량을 추정해 낼 수 있다.
- [0005] 실제 반사도와 강수량은 강수입자 직경분포의 함수로써 각각 강수입자 직경의 6승 및 3승에 각각 비례하는데, 우적계(Disdrometer)는 지상으로 떨어지는 강수입자의 크기분포를 관측하기 때문에 이 자료를 이용하여 계산된 반사도 및 강수량은 기준값이라고 할 수 있다.
- [0006] 그리고 기상레이더를 이용하여 강수량을 산출하거나 레이더 반사도를 보정할 때에는 전체고도각의 관측자료를 보간법(interpolation)으로 계산하여 특정 높이(고도)의 반사도 값을 추출한 CAPPI(Constant Altitude Plan Position Indicator)자료 또는 최저고도각 관측자료 이용한다.
- [0007] 그러나 레이더 반사도는 공간적으로 변동이 심하므로 항상 고정된 특정 높이에서의 값만을 사용하는 것은 강수량 추정의 오차를 유발할 수 있는 문제점이 있었다.
- [0008] 이러한 문제점은 초단시간 강수량 예측에 있어서 신뢰도를 떨어뜨리는 결과로 이어져 최근 빈번하게 발생하는 국지성 집중호우 등에 의해 각종 피해를 입게 되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명은, 레이더 반사도의 공간적 변동에 의한 강수량 추정의 오차를 극복하여 초단시간 강수량 예측시 신뢰도를 향상시킬 수 있는 기상레이더의 강수량 추정 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 기상레이더의 강수량 추정 방법은, 극좌표로 구성된 레이더 자료를 3차원 직교좌표계로 변환하는 제1단계와, 상기 직교좌표계에서 우적계의 반사도를 기준값으로 설정하고 상기 우적계로부터 일정한 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 찾아내는 제2단계와, 상기 우적계의 일정 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 연직방향으로 일정한 간격만큼 탐색하여 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아내는 제3단계와, 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도에서 레이더의 반사도 값과 우적계 반사도 값의 비($Z_{\text{레이더}}/Z_{\text{우적계}}$)를 구하는 제4단계와, 상기 제4단계에서 구해진 반사도 값의 비를 기상레이더의 유효 관측 반경까지 적용시켜 레이더 반사도를 보정한 후 Z-R 관계식을 이용하여 강수량을 산출하는 제5단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.(단, Z-R 관계식은 $Z=aR^b$ 이고, 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며, R은 강수강도(mm/h)이고, a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)
- [0011] 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 제1단계 내지 제4단계는 매 10분 간격마다 실시간으로 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 3차원 직교좌표계는 $250\text{km} \times 250\text{km} \times 15\text{km}$ 의 영역으로 1km의 수평해상도와

0.1km의 연직해상도로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 제3단계에서는 레이더 반사도를 연직방향으로 100m 간격만큼 탐색하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 제5단계의 레이더 반사도의 보정 값(Corrected $Z_{\text{레이더}}$)은 다음 식

$$\text{Corrected } Z_{\text{레이더}} = Z_{\text{레이더}} / \frac{Z_{\text{레이더}}}{Z_{\text{우적계}}}$$

[0015] (여기서, $Z_{\text{레이더}}$ 는 레이저 반사도이고, $Z_{\text{우적계}}$ 는 우적계 반사도이다.)

[0017] 에 의해 결정되는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0018] 상술한 바와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 기상레이더의 강수량 추정 방법은, 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아 실시간으로 반사도의 값의 비를 구한 후 레이더 반사도의 보정을 관측 반경까지 확대 적용하여 강수량을 산출하므로 공간적 변동이 심한 레이더 반사도의 오차를 최소화하여 강수량을 정확하게 추정할 수 있는 장점이 있다.

[0019] 따라서 초단시간 강수량 추정에 대한 신뢰도를 향상시켜 태풍 등에 대한 실시간 예측 능력을 향상시키고, 최근 빈번하게 발생하는 국지성 집중호우 등에 의한 피해를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서는 본 발명의 실시 예에 따라 기상레이더의 강수입자 직경분포 산출 방법에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0021] 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0022] 또한, 하기 설명에서 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들 없이도, 본 발명이 실시될 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

[0023] 기상레이더는 기상학적 목표물에서 관측되는 반사도를 이용하여 강수량을 추정하는데, 강수량을 추정할 경우에 레이더 반사도를 그대로 사용하는 것이 아니고, 이론적·경험적으로 얻어지는 Z-R 관계식을 이용하여 레이더 반사도로 강수량을 추정한다.

[0024] 그리고 우적계에서는 실제 반사도와 강수량을 강수입자 직경분포의 함수로써 각각 강수입자 직경의 6승 및 3승에 각각 비례한다.

[0025] 먼저 기상레이더에서 구하는 반사도($Z_{\text{레이더}}$)는 다음의 수학식 1과 같고, 레이더 수신신호에서 반사도를 구하게 된다.

수학식 1

$$P_r = C \frac{|K|^2 Z_{\text{레이더}}}{r^2}$$

[0026] (여기서, C는 레이더 상수, r은 거리, $|K|^2$ 는 물의 유전율, P_r 은 레이더 수신신호이다.)

[0028] 그리고 우적계에서 구하는 반사도($Z_{\text{우적계}}$)는 다음의 수학식 2와 같다.

수학식 2

$$Z_{\text{우적계}} = 10\log(z) = 10\log\left[\int D^6 N(D)dD\right]$$

[0029]

[0030] (여기서, D는 강수입자 직경, N(D)는 강수입자 직경에 따른 수농도이다.)

[0031] 또한 우적계에서 구하는 강우강도(R)는 다음의 수학식 3과 같고, 레이더 반사도를 이용하여 경험적으로 구해진 Z(반사도)-R(강우강도) 관계식을 이용하여 산출해 낸다. (단, Z-R 관계식은 $Z=aR^b$ 이고, 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며 R은 강우강도(mm/h)이고 a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)

수학식 3

$$R = 6\pi \times 10^{-6} \int D^3 V(D)N(D)dD$$

[0032]

[0033] (여기서, D는 강수입자 직경, N(D)는 강수입자 직경에 따른 수농도, V(D)는 강수입자의 낙하속도이다.)

[0034] 따라서 우적계(Disdrometer)는 지상으로 떨어지는 강수입자의 크기분포를 관측하기 때문에 상기 우적계에서 계산된 반사도 및 강수량은 기준값이라고 할 수 있다.

[0035] 일반적으로 기상레이더를 이용하여 강수량을 산출하거나 레이더 반사도를 보정할 때에는 전체고도각의 관측자료를 보간법(interpolation)으로 계산하여 특정 높이(고도)의 반사도 값을 추출한 CAPPI(Constant Altitude Plan Position Indicator)자료 또는 최저고도각 관측자료 이용한다.

[0036] 그러나 레이더 반사도는 공간적으로 변동이 심하므로 항상 고정된 특정 높이에서의 값만을 사용하는 것은 강수량 추정의 오차를 유발할 수 있는 문제점이 있었다.

[0037] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 발명은 다음과 같은 과정을 수행하게 된다.

[0038] 먼저, 본 발명에서는 강수량 추정의 오차를 최소화하기 위해 극좌표로 구성된 레이더 자료를 3차원의 직교좌표계로 변환한다. 여기서 상기 3차원 직교좌표계는 강수량 추정의 정확도를 높이기 위해 250km×250km×15km의 영역으로 1km의 수평해상도와 0.1km의 연직해상도로 이루어지는 것이 바람직하다. 그리고 각 지역의 구분을 용이하게 할 수 있도록 상기 직교좌표계는 일정 범위의 격자로 나누어지는데, 그 범위는 당업자에 의해 적절히 선택될 수 있을 것이다.

[0039] 다음으로, 상기 직교좌표계에서 우적계의 반사도를 기준값으로 설정하고 상기 우적계로부터 일정한 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 찾아낸다. 즉, 우적계의 반사도가 기본값이 되므로 상기 직교좌표계에서 우적계가 위치한 격자를 먼저 찾은 후, 상기 우적계가 위치한 격자에서 레이더 반사도를 추출하는 것이다.

[0040] 다음으로, 상기 우적계의 일정 반경 내에 위치한 레이더 반사도를 연직방향으로 일정한 간격만큼 탐색하여 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아낸다. 본 발명의 실시 예에서는 레이더 반사도를 연직방향으로 100m 간격만큼 탐색하는 것으로 하지만, 이에 한정하지 않고 상황에 따른 적절한 거리의 간격이 당업자에 의해 다양하게 선택될 수 있을 것이다.

[0041] 다음으로, 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도에서 레이더의 반사도 값과 우적계 반사도 값의 비($Z_{\text{레이더}}/Z_{\text{우적계}}$)를 구하며, 각 반사도 값의 비(Bias Correction Factor)는 다음의 수학식 4와 같이 표현된다.

수학식 4

$$\text{Bias Correction Factor} = \frac{Z_{\text{레이더}}}{Z_{\text{우적계}}}$$

[0042]

[0043] (여기서, $Z_{\text{레이더}}$ 는 레이더 반사도, $Z_{\text{우적계}}$ 는 우적계 반사도이다.)

[0044] 다음으로, 상기 레이더 반사도 값과 우적계 반사도 값의 비($Z_{\text{레이더}}/Z_{\text{우적계}}$)를 기상레이더의 유효 관측 반경(240km)까지 적용시켜 레이더 반사도를 보정한 후 Z-R 관계식을 이용하여 강수량을 산출하며, 레이더 반사도의 보정

값(Corrected $Z_{\text{레이더}}$)은 다음의 수학적 식 5와 같다.

수학적 식 5

$$\text{Corrected } Z_{\text{레이더}} = Z_{\text{레이더}} / \frac{Z_{\text{레이더}}}{Z_{\text{우적계}}}$$

[0045]

[0046] (여기서, $Z_{\text{레이더}}$ 는 레이저 반사도이고, $Z_{\text{우적계}}$ 는 우적계 반사도이다.)

[0047]

그리고 상술한 과정은 매 10분 간격마다 실시간으로 수행하여 레이더 반사도에 대한 보정을 실시간으로 실시한 후 정량적인 강수량을 추정할 수 있게 된다. 또한 레이더 반사도의 실시간 보정은 기상상황에 따라 그 수행 간격이 바뀔 수 있으며, 특히 기상특보와 같은 상황에서는 더욱 세밀한 예측을 위해 시간 간격을 좁혀 실시간 수행 빈도를 높일 수 있을 것이다.

[0048]

상술한 바와 같이 본 발명에서는 우적계의 반사도 값과 레이더 반사도 값의 차이가 최소화되는 고도를 찾아 실시간으로 반사도의 값의 비를 구한 후 레이더 반사도의 보정을 관측 반경까지 확대 적용하여 강수량을 산출하므로 공간적 변동이 심한 레이더 반사도의 오차를 최소화하여 강수량을 정확하게 추정할 수 있게 된다.

[0049]

따라서 초단시간 강수량 추정에 대한 신뢰도를 향상시켜 태풍 등에 대한 실시간 예측 능력을 향상시키고, 최근 빈번하게 발생하는 국지성 집중호우 등에 의한 피해를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

[0050]

상기에서 기술된 실시 예는 본 발명에 따른 하나의 실시 예일 뿐이며, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술적 사상의 범위에서 다양한 수정 및 변경이 가능할 것이다. 이러한 다양한 수정 및 변경 또한 본 발명의 기술적 사상의 범위 내라면 하기에서 기술되는 본 발명의 청구범위에 속한다 할 것이다.