



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년10월16일
(11) 등록번호 10-0922128
(24) 등록일자 2009년10월09일

(51) Int. Cl.

G01S 13/95 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0031084

(22) 출원일자 2009년04월10일

심사청구일자 2009년04월10일

(56) 선행기술조사문헌

장민, 이동인, 유철환, "POSS를 이용한 강수입자
분석과 Z-R 관계식 산출", 한국기상학회지 40,
vol. 5, pp. 557-570, 2004.

JP15344556 A

(73) 특허권자

부경대학교 산학협력단

부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내

(72) 발명자

이동인

부산광역시 남구 용호동 LG메트로시티 205동 802
호

장 민

부산광역시 기장군 철마면 장전리 159-1번지

유철환

부산광역시 동래구 명장2동 503-48 15/1

(74) 대리인

특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 장석환

(54) 기상레이더의 반사도 보정 방법

(57) 요약

본 발명은 기상레이더의 반사도 보정 방법에 관한 것으로서, 레이더와 지상 우량과의 시공간적인 오차 및 거리에 따른 레이더 빔 충전(beam filling)이나 레이더 자체의 오차로 인한 레이더 반사도의 과소 관측을 원천적으로 감소시키기 위해 지상에서 disdrometer(POSS)로 관측되는 반사도와 SMA(Sorting and Moving Average) 방법을 이용하여 레이더 반사도의 보정에 정확도를 향상시킬 수 있다.

이에 따라, 정량적인 강우강도의 정확도 개선과 국내 동네예보의 정확도 향상에 기여할 수 있는 효과가 있으며, 본 발명에서 제안하는 방법을 레이더를 이용한 강수량 추정에서 선행적으로 수행되도록 적용시키면, 최근 빈번하게 발생하는 집중호우를 정량적으로 정확하게 예측할 수 있어 실황 및 초단시간 강수예보에 대한 현업예보의 정확도 향상에 기여할 수 있는 장점이 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 K20607010000

부처명 국제과학기술협력재단(KICOS)

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

Z-R 관계식에 의해 강수량을 추정하는 기상레이더의 반사도 보정 방법에 있어서,

레이더 반사도 및 POSS 반사도를 관측하여 데이터를 수집하는 제1단계;

레이더 반사도 및 POSS 반사도를 크기별로 분급(sorting)하는 제2단계;

레이더 반사도 및 POSS 반사도를 1시간 간격으로 이동평균(moving average)을 구하는 제3단계;

상기 제2,3단계의 과정에서 다음과 같은 보정식

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= \frac{1}{t} \sum_t Z = \frac{1}{t} \sum_t \int_0^{D_{\max}} D^6 N(D) dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \left[\frac{1}{t} \sum_t N(D) \right] dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \overline{N(D)} dD\end{aligned}$$

을 사용하여 반사도를 보정하는 제4단계;

상기 제4단계에서 반사도의 보정 후에 다음과 같은 관계식

$$\begin{aligned}R_Z &= 0.0171P_Z^2 - 0.3527P_Z + 15.117 \\ R_Z &= 0.0054P_Z^2 + 0.5363P_Z + 4.2657\end{aligned}$$

에 POSS 반사도를 적용하여 새롭게 보정된 반사도를 측정하는 제5단계;

상기 제5단계에서 측정된 반사도를 각각의 사례에서 산출된 Z-R 관계식에 적용하여 강수량을 추정하는 제6단계;를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 반사도 보정 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 1단계의 레이더 반사도는 미가공 데이터(raw data)인 것을 특징으로 하는 기상레이더의 반사도 보정 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제1단계의 레이더 반사도 및 POSS 반사도의 관측주기는 서로 동일한 간격으로 재산출하는 것을 특징으로 하는 기상레이더의 반사도 보정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 기상레이더의 반사도 보정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 레이더 반사도의 보정을 위해서 지상에서 disdrometer(POSS)로 관측되는 반사도와 SMA(Sorting and Moving Average) 방법을 이용하여 정량적 강수량 추정의 정확성을 향상시킬 수 있는 기상레이더의 반사도 보정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 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.
- <3> 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 일정 관계식(Z-R 관계식)을 사용하여 레이더 반사도로부터 지상 강수량을 추정해 내고 있다.
- <4> 그러나 기상레이더는 지상에 떨어지는 물방울 입자의 크기분포를 직접 관측하는 것이 아니고, 레이더 빔의 특성상 상공의 목표물을 관측하게 되어 레이더와 지상 우량과의 시공간적인 오차가 발생하는 문제점이 있었다.
- <5> 또한 거리에 따라 레이더 빔 충전만(beam filling)이나 레이더 자체의 오차로 인해 레이더 반사도를 과소 관측하게 되는 경향이 있으며, 이러한 과소 관측은 적절한 Z-R 관계식($Z=aR^b$)을 산출하여 계산한다 하여도 실제 강수량 추정에서 오차가 발생하게 되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <6> 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 레이더와 지상 우량과의 시공간적인 오차를 최소화 하여 실제 강수량 추정의 정확성을 향상시킬 수 있는 기상레이더의 반사도 보정 방법을 제공하는 것을 주목적으로 한다.
- <7> 또한, 거리에 따른 레이더 빔 충전만(beam filling)이나 레이더 자체의 오차로 인한 레이더 반사도의 과소 관측을 개선하여 실제 강수량 추정의 정확성을 향상시킬 수 있는 기상레이더의 반사도 보정 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <8> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 방법으로, 본 발명의 기상레이더의 반사도 보정 방법은, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 관측하여 데이터를 수집하는 제1단계와, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 크기별로 분류(sorting)하는 제2단계와, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 1시간 간격으로 이동평균(moving average)을 구하는 제3단계와,
- <9> 상기 제2,3단계의 과정에서 다음과 같은 보정식

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= \frac{1}{t} \sum_t Z = \frac{1}{t} \sum_t \int_0^{D_{\max}} D^6 N(D) dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \left[\frac{1}{t} \sum_t N(D) \right] dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \overline{N(D)} dD\end{aligned}$$

<10>

<11> 을 사용하여 반사도를 보정하는 제4단계와,

<12> 상기 제4단계에서 반사도의 보정 후에 다음과 같은 관계식

$$R_Z = 0.0171P_Z^2 - 0.3527P_Z + 15.117$$

$$R_Z = 0.0054P_Z^2 + 0.5363P_Z + 4.2657$$

<13>

<14> 에 POSS 반사도를 적용하여 새롭게 보정된 반사도를 측정하는 제5단계와,

<15> 상기 제5단계에서 측정된 반사도를 각각의 사례에서 산출된 Z-R 관계식에 적용하여 강수량을 추정하는 제6단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

<16> (단, Z-R 관계식은 $Z = aR^b$ 이고, 여기서 Z는 레이더 반사도 인자이며 R은 강수강도(mm/h)이고 a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.)

<17> 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 1단계의 레이더 반사도는 미가공 데이터(raw data)인 것을 특징으로 한다.

<18> 바람직한 실시 예에 따르면, 상기 제1단계의 레이더 반사도 및 POSS 반사도의 관측주기는 서로 동일한 간격으로 생산출하는 것을 특징으로 한다.

효 과

<19> 상술한 바와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 기상레이더의 반사도 보정 방법에 의하면, 레이더와 지상 우량과의 시공간적인 오차 및 거리에 따른 레이더 빔 충만(beam filling)이나 레이더 자체의 오차로 인한 레이더 반사도의 과소 관측을 원천적으로 감소시켜 정량적인 강우강도의 정확도 개선과 국내 동네예보의 정확도 향상에 기여할 수 있는 효과가 있다.

<20> 따라서, 본 발명에서 제안하는 방법을 레이더를 이용한 강수량 추정에서 선행적으로 수행되도록 적용시키면, 최근 빈번하게 발생하는 집중호우를 정량적으로 정확하게 예측할 수 있어 실황 및 초단시간 강수예보에 대한 현업예보의 정확도 향상에 기여할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<21> 이하에서는 본 발명의 실시 예에 따라 기상레이더의 반사도 보정 방법에 대해 상세히 설명하도록 한다.

<22> 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.

<23> 또한, 하기 설명에서 구체적인 구성요소 등과 같은 특정 사항들 없이도, 본 발명이 실시될 수 있음은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명하다 할 것이다.

<24> 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.

<25> 그러나 레이더 하드웨어의 보정이나 레이더 빔 충만(beam filling)에 의해 반사도가 낮게 관측되고, 레이더 반사도가 얻어지는 고도와 지상과의 시공간적 차이 때문에 강수량 추정의 정확도가 떨어진다.

<26> 또한 레이더에서 계산하는 반사도는 목표물에서 산란되어 되돌아오는 전자파 에너지의 크기이므로 이러한 오차를 최소화하기 위해서는 POSS에서 관측된 강우입자 직경분포로 직접 구한 반사도와와의 보정이 필요하다.

<27> 이를 위하여 본 발명은 다음과 같은 과정을 수행하게 된다.

<28> 본 발명의 실시 예에 따른 레이더의 반사도 보정 방법은, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 관측하여 데이터를 수집하는 제1단계와, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 크기별로 분류(sorting)하는 제2단계와, 레이더 반사도 및 POSS 반사도를 1시간 간격으로 이동평균(moving average)을 구하는 제3단계와, 상기 제2,3단계의 과정에서 다음과 같은 보정식

$$\begin{aligned}\bar{Z} &= \frac{1}{t} \sum_t Z = \frac{1}{t} \sum_t \int_0^{D_{\max}} D^6 N(D) dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \left[\frac{1}{t} \sum_t N(D) \right] dD \\ &= \int_0^{D_{\max}} D^6 \overline{N(D)} dD\end{aligned}$$

<29>

<30>

을 사용하여 반사도를 보정하는 제4단계와, 상기 제4단계에서 반사도의 보정 후에 다음과 같은 관계식

$$\begin{aligned}R_Z &= 0.0171P_Z^2 - 0.3527P_Z + 15.117 \\ R_Z &= 0.0054P_Z^2 + 0.5363P_Z + 4.2657\end{aligned}$$

<31>

<32>

에 POSS 반사도를 적용하여 새롭게 보정된 반사도를 측정하는 제5단계와, 상기 제5단계에서 측정된 반사도를 각각의 사례에서 산출된 Z-R 관계식에 적용하여 강수량을 추정하는 제6단계를 포함하여 이루어진다.

<33>

이때, 상기 제1단계에서 관측되는 레이더 반사도는 미가공 데이터(raw data)이며, 레이더 반사도 및 POSS 반사도의 관측주기는 서로 동일한 간격으로 재산출하는 것이 바람직하다. 레이더와 POSS의 관측주기는 각각 10분과 1분이므로 POSS 반사도를 10분 간격으로 재산출하여 레이더에서 관측된 반사도를 보정해야 하는 것이다.

<34>

다음으로 레이더 반사도와 POSS 반사도를 크기별로 분급(Sorting)하고, 1시간 간격으로 이동평균(Moving Average)을 구하는데, 본 발명에서는 이러한 방법을 Sorting and Moving Average(SMA)라 칭한다.

<35>

상기 SMA 단계 이후, 두 매개변수 사이의 polynomial least square fitting을 통하여 반사도를 보정하는데, 보정에 사용되는 식은 상기 제4단계에서 기술한 보정식과 같다.

<36>

일 실시 예를 들면, 부산 구덕산 레이더와 제주도 고산 레이더에서 관측된 미가공 데이터(raw data)의 레이더 반사도와 POSS 반사도를 SMA 과정을 통하여 보정하고 관계식을 구한다. 상기 SMA를 적용하기 전의 미가공 데이터는 두 매개변수 사이의 분포가 넓게 퍼져있어 상관성이 매우 낮고 대표성을 가지는 회귀식을 산출하기도 힘들었으나, SMA 과정을 통해 반사도를 보정한 후 두 매개변수의 상관성이 매우 높아졌고, 이를 이용해 구한 식은 상기 제5단계에서 기술한 관계식과 같다.

<37>

따라서 POSS에서 관측되는 반사도를 상기 관계식에 적용하여 새롭게 보정된 반사도를 얻으며, 상기 반사도를 각각의 사례에서 산출된 Z-R 관계식에 적용하여 정확한 강수량을 추정할 수 있게 되는 것이다.

<38>

여기서 Z-R 관계식은 $Z=aR^b$ 이고, Z는 레이더 반사도 인자이며 R은 강수강도(mm/h)이고 a와 b는 실험적으로 결정되는 양수이다.