



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0058132
(43) 공개일자 2017년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 7/40 (2006.01) G01S 13/95 (2006.01)
G01S 7/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 7/4021 (2013.01)
G01S 13/95 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0161953
(22) 출원일자 2015년11월18일
심사청구일자 2015년11월18일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
이동인
부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4309호 (대연
동, 부경대학교대연캠퍼스)
강미영
부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연
동, 부경대학교대연캠퍼스)
(74) 대리인
특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 7 항

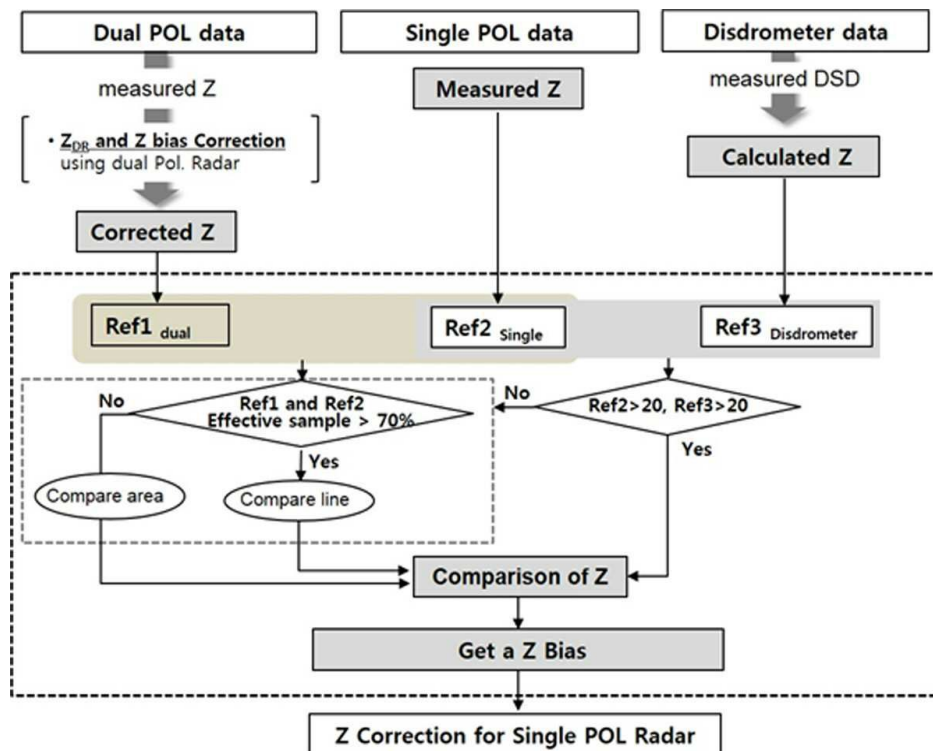
(54) 발명의 명칭 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법

(57) 요약

본 발명은 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 우적계와 이중편파레이더의 반사도 값에 따라 우적계의 반사 자료를 이용하거나 이중편파레이더의 반사도 자료를 이용하여 단일편파레이더의 반사도 자료의 편차를 산출하여 보정하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



일편파레이더의 반사도 보정방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면 단일편파레이더의 반사도를 보정하는 방법에 있어서, 단일편파레이더와 우적계 및 이중편파레이더에서 관측된 반사도 자료를 각각 획득하는 제1단계; 상기 획득된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2단계; 상기 판별에 따라 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 높으면 우적계의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하고 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 낮으면 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 제3단계; 및 상기 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법을 기술적 요지로 한다.

(52) CPC특허분류

G01S 7/024 (2013.01)

G01S 2007/4082 (2013.01)

(72) 발명자

유철환

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

이지선

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

김현준

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

서성호

부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대연동, 부경대학교대연캠퍼스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 200603874

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌연구실사업

연구과제명 동지나해 공동해역에서의 대기 강수시스템 및 호우 발달에 관한 연구

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2006.06.01 ~ 2015.03.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KMIPA 2015-1050

부처명 기상청

연구관리전문기관 한국기상산업진흥원

연구사업명 기상기술개발사업

연구과제명 레이더자료 산출물의 정확도 향상 기반기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2015.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

단일편파레이더의 반사도를 보정하는 방법에 있어서,

단일편파레이더와 우적계 및 이중편파레이더에서 관측된 반사도 자료를 각각 획득하는 제1단계;

상기 획득된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2단계;

상기 판별에 따라 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 높으면 우적계의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하고 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 낮으면 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 제3단계; 및

상기 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2단계는

상기 우적계의 반사도 자료를 단일편파레이더의 관측 주기에 대응되게 변환하는 제2a단계;

상기 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 관측지점과 대응되는 단일편파레이더의 반사도 자료를 매칭시키는 제2b단계; 및

상기 매칭된 단일편파레이더의 반사도 자료와 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2c단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제3단계에서 편차를 이중편파레이더의 반사도 자료를 토대로 산출하는 것은

상기 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 이중편파레이더에서 관측된 차등반사도 자료와 비차등위상차 자료를 이용하여 보정하는 제3a단계;

상기 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 관측 고도각 차이가 가장 작은 관측 고도각에 대한 단일편파레이더의 반사도 자료와 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료 중에서 단일편파레이더와 이중편파레이더의 사이 동일 거리에 있는 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 제3b단계;

상기 개수된 반사도 자료의 샘플수가 기설정된 기준샘플수보다 많으면 단일편파레이더와 이중편파레이더의 사이 동일 거리에 있는 동일라인 상에 존재하는 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 편차를 산출하고, 개수된 반사도 자료의 샘플수가 기설정된 기준수보다 작으면 단일편파레이더와 이중편파레이더를 포함하는 동일도메인 상에 존재하는 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 편차를 산출하는 제3c단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제3a단계는

상기 기설정된 기준반사도 값 범위 내에 존재하고 기설정된 기준 상관계수보다 높은 차등반사도 자료에 대한 차등반사도 값을 평균하여 차등반사도 자료의 오차를 산출하는 단계;

상기 산출된 차등반사도 자료의 오차를 차등반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계;

상기 보정된 차등반사도 자료와 반사도 자료 및 비차등위상차 자료에 일정기간 우적계에서 관측된 우적분포를 적용하여 반사도 자료의 오차를 산출하는 단계; 및

상기 산출된 반사도 자료의 오차를 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계;로 구성되는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

청구항 5

제3항에 있어서

상기 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 고도각 차이가 가장 작은 고도각은

아래의 수학적 식 1을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

<수학적 식 1>

$$H = \sqrt{r^2 + (R' + H_0)^2 + 2r(R' + H_0) \sin \theta} - R'$$

(r: 기상레이더에서 떨어진 거리, R': 지구 유효반경, H₀: 기상레이더의 높이, θ: 기상레이더의 안테나 고도각)

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 동일라인은

상기 단일편파레이더와 이중편파레이더의 동일반경 내에서 상호 겹치는 시작방위각과 마지막방위각을 직선으로 잇는 것임을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 동일도메인은

상기 단일편파레이더와 이중편파레이더의 위치정보인 위경도 값에 따른 상호 간의 이격거리에 대응되게 단일편파레이더와 이중편파레이더를 각각 이동시킨 상태에서 상호 중복되는 영역인 것을 특징으로 하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 우적계와 이중편파레이더의 반사도 값에 따라 우적계의 반사 자료를 이용하거나 이중편파레이더의 반사도 자료를 이용하여 단일편파레이더의 반사도 자료의 편차를 산출하여 보정하는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 기상레이더는 짧은 시간에 발달하는 위험기상현상을 매우 효율적으로 감시 및 예측할 수 있도록 전파를 지상으로 발사하여 구름이나 빗방울 등의 관측 목표물로부터 반사되거나 산란되어 오는 반사도를 관측하여

강우 구역과 강우 강도를 추정하는 장비이다.

- [0003] 이러한 기상레이더는 넓은 영역을 매우 빠른 속도로 반사도를 측정하는 이점이 있으므로 넓은 영역에 대한 강우량을 산출할 수 있는 가장 효율적인 원격 기상탐사 장비 중의 하나이다.
- [0004] 즉, 빗방울 등의 관측 목표물로부터 반사되거나 산란되어 오는 반사도는 기상레이더에서 발사되는 펄스 볼륨 내에 존재하는 물방울의 크기분포와 관계가 있고 강우량도 물방울의 크기분포에 대한 함수이므로 반사도와 강우량과의 관계식(Z-R 관계식)을 통해 기상레이더의 반사도로부터 강우량을 추정하고 있다.
- [0005] 그러나 기상레이더에서 측정되는 반사도 값은 강우의 감쇠나 송신기의 캘리브레이션 에러 등에 의한 요인으로 반사도 손실이 많이 발생하면서 강우량 산출시 많은 오차를 유발한다.
- [0006] 특히, 단일편파레이더의 경우에는 전파를 수평방향으로만 발사하여 반사도를 관측하는 구조이므로 반사도 보정을 위해 사용할 수 있는 다른 변수들이 관측되지 않아 자체 보정이 용이하지 못하여 강우량 산정에 많은 오차가 포함되는 문제점이 있다.
- [0007] 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해서는 단일편파레이더의 반사도 오차를 신뢰성 있게 보정하여 강우량 추정에 대한 정확도를 향상시킬 수 있는 반사도 보정 기법에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 국내 등록특허공보 제10-0922128호, 2009.10.09.자 등록.
- (특허문헌 0002) 국내 등록특허공보 제10-1431707호, 2014.08.12.자 등록.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 문제점을 해소하기 위해 발명된 것으로서, 단일편파레이더의 반사도 값을 신뢰성 있게 보정하여 강우량 추정에 대한 정확도를 향상시킬 수 있는 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0010] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법은 단일편파레이더의 반사도를 보정하는 방법에 있어서, 단일편파레이더와 우적계 및 이중편파레이더에서 관측된 반사도 자료를 각각 획득하는 제1단계; 상기 획득된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2단계; 상기 판별에 따라 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 높으면 우적계의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하고 단일편파레이더와 우적계의 반사도 값이 임계반사도 값보다 낮으면 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 제3단계; 및 상기 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 제4단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 제2단계는 상기 우적계의 반사도 자료를 단일편파레이더의 관측 주기에 대응되게 변환하는 제2a단계; 상기 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 관측지점과 대응되는 단일편파레이더의 반사도 자료를 매칭시키는 제2b단계; 및 상기 매칭된 단일편파레이더의 반사도 자료와 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2c단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 제3단계에서 편차를 이중편파레이더의 반사도 자료를 토대로 산출하는 것은 상기 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 이중편파레이더에서 관측된 차등반사도 자료와 비차등위상차 자료를 이용하여 보정하는 제3a단계; 상기 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 관측 고도각 차이가 가장 작은 관측 고도각에

대한 단일편파레이더의 반사도 자료와 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료 중에서 단일편파레이더와 이중편파레이더의 사이 동일거리에 있는 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 제 3b단계; 상기 개수된 반사도 자료의 샘플수가 기설정된 기준샘플수보다 많으면 단일편파레이더와 이중편파레이더의 사이 동일거리에 있는 동일라인 상에 존재하는 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 편차를 산출하고, 개수된 반사도 자료의 샘플수가 기설정된 기준수보다 작으면 단일편파레이더와 이중편파레이더를 포함하는 동일도메인 상에 존재하는 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 편차를 산출하는 제3c단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 제3a단계는 상기 기설정된 기준반사도 값 범위 내에 존재하고 기설정된 기준 상관계수보다 높은 차등반사도 자료에 대한 차등반사도 값을 평균하여 차등반사도 자료의 오차를 산출하는 단계; 상기 산출된 차등반사도 자료의 오차를 차등반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계; 상기 보정된 차등반사도 자료와 반사도 자료 및 비차등위상차 자료에 일정기간 우적계에서 관측된 우적분포를 적용하여 반사도 자료의 오차를 산출하는 단계; 및 상기 산출된 반사도 자료의 오차를 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계;로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 고도각 차이가 가장 작은 고도각은 아래의 수학적식 1을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0016] <수학적식 1>

$$H = \sqrt{r^2 + (R' + H_0)^2 + 2r(R' + H_0) \sin \theta} - R'$$

[0017] (r: 기상레이더에서 떨어진 거리, R': 지구 유효반경, H₀: 기상레이더의 높이, θ: 기상레이더의 안테나 고도각)

[0019] 상기 동일라인은 상기 단일편파레이더와 이중편파레이더의 동일반경 내에서 상호 겹치는 시작방위각과 마지막방위각을 직선으로 잇는 것임을 특징으로 한다.

[0020] 상기 동일도메인은 상기 단일편파레이더와 이중편파레이더의 위치정보인 위경도 값에 따른 상호 간의 이격거리에 대응되게 단일편파레이더와 이중편파레이더를 각각 이동시킨 상태에서 상호 중복되는 영역인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상기한 구성에 의한 본 발명은 반사도 자료의 정확도가 상대적으로 높은 우적계의 반사도 자료 또는 반사도 자료의 자체 보정이 가능한 이중편파레이더의 반사도 자료를 이용하여 단일편파레이더의 반사도 자료를 보정함으로써 반사도 자료를 통한 강우량을 더욱 정확도 있게 추정할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따라 우적계와 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료를 보정하기 위한 자료처리 흐름을 도시한 블록도.

도 2는 본 발명의 실시예에 따라 구덕산레이더와 우적계의 반사도 자료를 관측지점에 대응되게 매칭시키기 위한 레이더격자를 도시한 예시도.

도 3은 본 발명의 실시예에 따라 우적계의 반사도 자료와 구덕산레이더의 반사도 자료 및 우적계와 구덕산레이더 간의 반사도 자료 편차를 시계열적으로 도시한 그래프.

도 4는 본 발명의 실시예에 따라 우적계를 기준으로 하는 기법에 따른 구덕산레이더의 반사도 자료의 보정 전과 후에 따른 지상우량을 비교 도시한 그래프.

도 5는 본 발명의 실시예에 따라 비슬산레이더와 구덕산레이더 간의 동일라인을 도시한 모식도.

도 6은 본 발명의 실시예에 따라 비슬산레이더와 구덕산레이더의 빔 고도를 비교 도시한 그래프.

도 7은 본 발명의 실시예에 따라 구덕산레이더에서 관측된 반사도 자료의 편차와 샘플수를 시계열적으로 도시한

그래프.

도 8은 본 발명의 실시예에 따라 비슬산레이더를 기준으로 하는 동일라인 기법에 따른 구덕산레이더의 반사도 자료의 보정 전과 후에 따른 지상우량을 비교 도시한 그래프.

도 9는 본 발명의 실시예에 따라 비슬산레이더와 구덕산레이더 간의 동일도메인을 도시한 모식도.

도 10은 본 발명의 실시예에 따라 구덕산레이더에서 관측된 반사도 자료의 편차와 샘플수를 시계열적으로 도시한 그래프.

도 11은 본 발명의 실시예에 따라 비슬산레이더를 기준으로 하는 동일도메인기법에 따른 구덕산레이더의 반사도 자료의 보정 전과 후에 따른 지상우량을 비교 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 본 발명에 따른 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법은 수평방향으로 전파를 발사하여 반사도를 관측하는 단일편파레이더의 반사도 보정에 대한 한계를 극복할 수 있도록 신뢰성 있게 보정하여 강우량 추정에 대한 정확도를 향상시키기 위한 것이다.
- [0024] 이러한 본 발명에 따른 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법은 우적계의 반사도 자료와 이중편파레이더의 반사도 자료를 이용하여 단일편파레이더의 반사도 자료를 보정하는 기법에 의해 달성된다.
- [0025] 즉, 단일편파레이더의 반사도 자료와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값에 따라 정확도가 상대적으로 높은 우적계의 반사도 자료를 이용하거나 자체 보정이 가능한 이중편파레이더의 반사도 자료를 이용하여 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하여 보정을 행하는 기법에 의한 것이다.
- [0026]
- [0027] 이하 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법을 첨부한 도면을 참조하여 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0028] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 우적계와 이중편파레이더를 이용한 단일편파레이더의 반사도 보정방법은 도 1에 도시된 바와 같이 단일편파레이더와 우적계 및 이중편파레이더에서 관측된 반사도 자료를 각각 획득하는 제1단계와, 획득된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 자료 값이 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2단계와, 판별 결과에 따라 우적계의 반사도 자료 혹은 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 제3단계와, 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 단일편파레이더의 반사도 자료를 보정하는 제4단계로 구성된다.
- [0030] 먼저, 제1단계는 단일편파레이더와 우적계 및 이중편파레이더에서 관측된 반사도 자료를 각각 획득하는 단계이다.
- [0031] 즉, 제1단계는 보정 대상이 되는 단일편파레이더에서 관측한 반사도 자료와 보정 기준이 되는 우적계와 이중편파레이더에서 관측한 반사도 자료를 각각 획득하는 과정이다.
- [0032] 이때 우적계와 단일편파레이더 및 이중편파레이더를 통해 획득되는 반사도 자료는 상호 간의 편차를 구하기 위해 비교하는 것이므로 관측영역이 서로 겹치는 반경 내에서 관측된 반사도 자료를 이용한다.
- [0033] 실시예에 따르면 단일편파레이더인 구덕산레이더(PSN)의 관측영역 중 설치위치를 중심으로 100km 반경 내에서 관측된 반사도 자료를 획득하였고, 이중편파레이더인 비슬산레이더(BSL)의 관측영역 중 설치위치를 100km 반경 내에서 관측된 반사도 자료를 획득하였으며, 우적계는 구덕산레이더와 비슬산레이더의 관측영역 내에서 관측하여 산출한 반사도 자료를 획득하였다.
- [0035] 다음으로, 제2단계는 획득된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 자료 값이 임계반사도 값보다 큰지를 판별하는 단계이다.
- [0036] 즉, 제2단계는 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 기설정된 임계반사도 값과 비교하여

우적계의 반사도 자료가 보정 기준이 될 수 있는지를 판별하는 과정이다.

- [0037] 이때 우적계는 지상에 떨어지는 강우입자의 직경분포에 대한 함수로서 관측된 강우입경분포를 통해 산출되는 반사도 자료가 보정 기준값이 될 수 있다. 단, 우적계의 반사도 자료가 보정 기준값이 되기 위해서는 임계반사도 값 이상은 되어야 한다.
- [0038] 즉, 우적계의 반사도 자료가 임계반사도 값 이상이고 단일편파레이더의 반사도 자료도 임계반사도 값 이상이면 우적계의 반사도 자료가 보정 기준이 될 수 있는 자격을 가진 것으로 판별하게 된다.
- [0039] 한편, 우적계의 반사도 자료는 단일편파레이더의 반사도 자료보다는 관측주기가 상대적으로 짧으므로 우적계와 단일편파레이더 간의 반사도 자료 비교를 위해서는 우적계의 반사도 자료를 단일편파레이더의 관측주기마다 평균하여 우적계의 반사도 자료를 단일편파레이더 간의 관측 주기에 대응되게 생성해야 한다.
- [0040] 그리고 우적계의 반사도 자료는 지상의 특정 관측지점에서 관측된 것이고 단일편파레이더의 반사도 자료는 특정 관측영역에서 일정 고도간격으로 관측된 것이므로 우적계와 단일편파레이더의 반사도 자료를 위치정보에 따라 매칭시켜야 한다.
- [0041] 이를 위해 제2단계는 우적계의 반사도 자료를 단일편파레이더의 관측 주기에 대응되게 변환하는 제2a단계, 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 관측지점과 대응되는 단일편파레이더의 반사도 자료를 매칭시키는 제2b단계, 매칭된 단일편파레이더의 반사도 자료와 변환된 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 각각 기설정된 임계 반사도 값보다 큰지를 판별하는 제2c단계로 구분된다.
- [0042] 즉, 우적계의 반사도 자료 주기를 단일편파레이더의 관측 주기대로 변환한 후 우적계의 반사도 자료를 관측지점에 따라 단일편파레이더의 반사도 자료와 매칭시킨 다음 매칭된 우적계와 단일편파레이더의 반사도 자료를 임계 반사도와 비교하여 판별하는 것이다.
- [0043] 실시예에 따르면 임계반사도 값을 20dBz로 설정하였다. 그리고 1분 간격으로 관측되는 우적계의 반사도 자료를 구덕산레이더의 관측 주기인 10분에 대응되도록 10분 간격의 반사도 자료로 변환하였다. 또한, 도 2에 도시된 바와 같이 13개의 게이트와 3개의 방위각으로 조합된 레이더 격자를 이용하여 우적계(구덕산레이더와의 거리가 9km이고 방위각은 87도임)의 반사도 자료와 구덕산레이더의 반사도 자료를 관측지점에 대응되게 매칭시켰다.
- [0044] 그 결과 우적계의 반사도 자료(Parsivel), 구덕산레이더의 반사도 자료(PSN), 편차(Difference)에 대한 시계열 그래프를 도시한 도 3과 같이 9시00분~11시30분과 15시~16시에서는 우적계와 구덕산의 반사도 자료가 20dBz이상 이었고 나머지 시간에서는 우적계와 구덕산의 반사도 자료가 20dBz미만이거나 우적계의 반사도 자료가 없었다.
- [0046] 다음으로, 제3단계는 판별 결과에 따라 우적계의 반사도 자료 혹은 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 제3단계와, 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 단일편파레이더의 반사도 자료를 보정하는 단계이다.
- [0047] 즉, 제3단계는 우적계와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 임계반사도 값보다 높으면 우적계의 반사도 자료를 기준으로 하여 단일편파레이더의 반사도 자료 편차를 산출하고, 우적계와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값이 임계반사도 값보다 낮으면 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 하여 단일편파레이더의 반사도 자료 편차를 산출하는 과정이다.
- [0048] 이때 우적계의 반사도 자료를 기준으로 하여 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 것은 제2단계에서 매칭된 단일편파레이더와 우적계의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교함으로써 가능하다.
- [0049] 실시예에 따라 우적계의 반사도 자료를 기준으로 하여 구덕산레이더의 반사도 자료를 보정한 결과(d)를 기존의 보정 기법(a, b, c)의 결과와 비교하면 도 4와 같이 지상우량에 있어 상당히 개선되었음을 확인할 수 있었다.
- [0050] 그리고 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 편차를 산출하는 것은 이중편파레이더의 반사도 자료를 보정하는 제3a단계, 단일편파레이더와 이중편파레이더의 동일거리에 있는 동일 라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 제3b단계, 동일라인 상에 존재하거나 동일도메인 상에서 존재하는 단일편파레이더와 이중편파레이더의 반사도 자료를 비교하여 편차를 산출하는 제3c 단계를 통해 가능하다.
- [0051] 상기 제3a단계는 이중편파레이더에서 관측한 반사도 자료에 대한 반사도 값을 이중편파레이더에서 관측한 차등

반사도 자료와 비차등위상차 자료 등의 다른 변수들을 이용하여 자체 보정하는 과정이다.

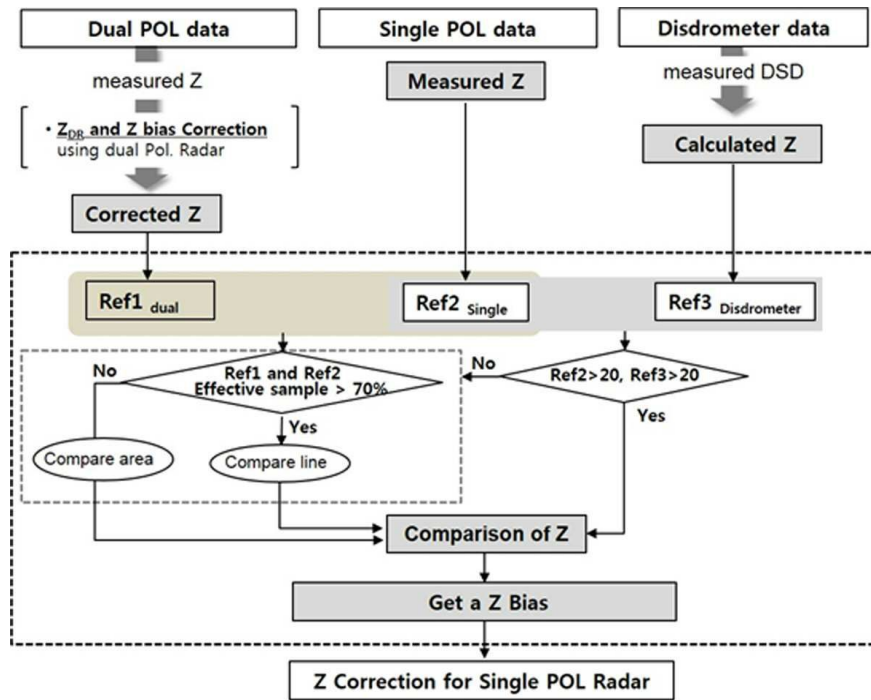
- [0052] 이때 이중편파레이더의 반사도 자료에 대한 자체 보정이 가능한 이유는 이중편파레이더의 특성상 전파를 수평 및 수직방향으로 동시에 발사하면서 반사도 자료 뿐 아니라 반사도 보정을 가능하게 하는 차등반사도 자료와 비차등위상차 자료 등을 동시에 등을 동시에 관측할 수 있기 때문이다.
- [0053] 이를 위해 제3a단계는 차등반사도 자료의 오차를 산출하는 단계, 산출된 편차를 차등반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계, 보정된 차등반사도 자료와 반사도 자료 및 비차등위상차 자료에 장기간 우적계에서 관측된 우적분포 자료를 적용하여 반사도 자료의 오차를 산출하는 단계, 산출된 반사도 자료의 오차를 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계로 구성될 수 있다.
- [0054] 즉, 강우입자가 구형인 것으로 예상되는 반사도 값과 상관관계 값을 가진 차등반사도 자료에 대한 차등반사도 값을 평균하여 차등반사도 자료에 대한 오차를 산출한 후 차등반사도 자료에 적용하여 자료를 보정한다.
- [0055] 그런 다음 보정된 차등반사도 자료와 반사도 자료 및 비차등위상차 자료에 우적계의 우적분포 자료를 적용하여 반사도 자료의 오차를 산출한 후 획득된 이중편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정한다.
- [0056] 이는 구형의 강우입자인 경우 차등위상차 값이 "0"이 되는 것을 이용한 것이다. 즉, 구형의 강우입자임을 나타내는 반사도 값과 상관관계 값을 가진 반사도 자료에 대한 차등위상차 값의 평균이 "0"이 아닌 경우 차등위상차 값의 오차로 보고 이에 대응되게 차등위상차 자료를 보정하는 것이다.
- [0057] 실시예에 따르면 비슬산레이더로부터 획득한 반사도 자료 중에서 반사도 값이 20~28dBZ이고 상관관계 값이 0.99 이상에 해당되는 반사도 자료와 대응되는 차등위상차 자료의 차등위상차 값을 평균하여 차등위상차 값의 오차를 산출하였다.
- [0058] 상기 제3b단계는 단일편파레이더와 이중편파레이더의 동일거리에 있는 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 단계이다.
- [0059] 즉, 제3b단계는 단일편파레이더의 설치위치와 이중편파레이더의 설치위치 사이에 동일한 거리를 두고 직선으로 있는 동일라인 상에 존재하는 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 과정이다.
- [0060] 이때 동일라인 상에 존재하는 반사도 자료의 샘플수를 개수하는 이유는 샘플수가 상대적으로 적으면 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 비교할 수 있는 반사도 자료가 적어 보정에 대한 신뢰성이 떨어지기 때문이다.
- [0061] 여기서 동일라인은 단일편파레이더와 이중편파레이더의 동일반경 내에서 상호 겹치는 시작방위각과 마지막방위각을 직선으로 잇는 것이다.
- [0062] 실시예에 따르면 도 5에 도시된 바와 같이 구덕산레이더와 비슬산레이더의 반경을 100km로 정하였고, 비슬레이더가 구덕산레이더를 바라보는 방위각은 146.7도였으며, 시작방위각은 비슬산 79도이고 구덕산이 35도이었고, 마지막방위각은 비슬산이 213도이고 구덕산이 261도이었으며, 시작방위각과 마지막방위각을 직선으로 잇는 구덕산레이더의 반사도 자료의 샘플수를 개수하였다.
- [0063] 단, 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더와 이중편파레이더의 반사도 자료를 비교할 때 레이더의 고도각에 따른 오차를 최대한 줄이기 위해서는 단일편파레이더와 이중편파레이더의 고도각 중에서 오차가 가장 작은 관측 고도각에 대한 반사도 자료로 한정해야 한다.
- [0064] 이때 단일편파레이더와 이중편파레이더 간에 오차가 가장 작은 관측 고도각은 아래의 수학적 식 1에 의해 산출할 수 있다.
- [0065] <수학적 식 1>
- [0066]
$$H = \sqrt{r^2 + (R' + H_0)^2 + 2r(R' + H_0) \sin \theta} - R'$$
- [0067] (r: 기상레이더에서 떨어진 거리, R': 지구 유효반경, H₀: 기상레이더의 높이, θ: 기상레이더의 안테나 고도각)
- [0068] 실시예에 따르면 도 6에 도시된 바와 같이 구덕산레이더와 비슬산레이더의 레이더빔 고도각 중에서는 구덕산레이더의 제4고도각(EL4)과 비슬산레이더의 제3고도각(EL3)이 상호 간의 고도각 차이가 가장 작은 것을 알 수 있었다.

- [0069] 상기 제3c단계는 개수된 반사도 자료의 샘플수에 따라 단일편파레이더와 이중편파레이더 간의 동일라인 또는 동일도메인 상에 존재하는 보정된 이중편파레이더와 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 편차를 산출하는 단계이다.
- [0070] 즉, 제3c단계에서는 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료 샘플수가 기준샘플수보다 적으면 보정에 대한 신뢰성이 보장되므로 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 반사도 자료의 편차를 산출하게 된다.
- [0071] 그리고 제3c단계에서는 동일라인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료 샘플수가 기준샘플수보다 많으면 보정에 대한 신뢰성이 보장되지 않으므로 동일도메인 상에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 비교하여 반사도 자료의 편차를 산출하게 된다.
- [0072] 이때 동일도메인은 단일편파레이더와 이중편파레이더의 위치정보인 위경도 값에 따른 상호 간의 이격거리에 대응되게 단일편파레이더와 이중편파레이더를 각각 X좌표 방향으로 Y좌표 방향으로 이동시킨 상태에서 상호 중복되는 영역인 것이다.
- [0073] 즉, 동일도메인은 동일라인 상에 존재하는 반사도 자료의 샘플수가 기준샘플수 보다 작으므로 비교할 수 있는 샘플수를 늘려 보정의 신뢰성을 높일 수 있도록 상대적으로 넓은 영역에 대한 반사도 자료를 비교하기 위한 것이다.
- [0074] 실시예에 따르면 동일라인에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료가 기준샘플수보다 많았을 때는 동일라인에 해당되는 구덕산레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값에서 보정된 비슬산레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 뺀 값의 평균을 구하여 편차를 산출하였고, 그 결과는 도 7에 도시된 바와 같았다.
- [0075] 그리고 동일라인에 존재하는 단일편파레이더의 반사도 자료가 기준샘플수보다 적을 때는 동일 도메인을 설정하여 반사도 편차를 산출하였다.
- [0076] 즉, 구덕산레이더와 비슬산레이더는 X좌표방향으로 42km 떨어져 있고 Y좌표방향으로 64km 떨어져 있으므로 도 9에 도시된 바와 같이 구덕산레이더의 경우는 -X좌표방향으로 42km 확장하고 +Y좌표방향으로 64km 확장하고 비슬산레이더의 경우는 +X좌표방향으로 42km 확장하고 -Y좌표방향으로 64km 확장하여 상호 중복되는 동일도메인을 설정하였다.
- [0077] 그런 다음 동일도메인에 존재하는 구덕산레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값에서 보정된 비슬산레이더의 반사도 자료에 대한 반사도 값을 뺀 값의 평균을 구하여 편차를 산출하였고, 그 결과는 도 10에 도시된 바와 같았다.
- [0078] 마지막으로, 상기 제4단계는 산출된 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 단계이다.
- [0079] 즉, 제4단계는 보정된 이중편파레이더의 반사도 자료를 기준으로 하여 산출된 단일편파레이더의 반사도 편차를 단일편파레이더의 반사도 자료에 적용하여 보정하는 최종 과정이다.
- [0080] 실시예에 따라 우적계와 구덕산레이더의 반사도 자료를 비교한 후 우적계를 기준으로 하는 기법을 이용하여 구덕산레이더의 반사도 자료를 보정한 결과(d)를 기존의 보정 기법(a, b, c)의 결과와 비교하면 도4와 같이 지상우량에 있어 상당히 개선되었음을 확인할 수 있었다.
- [0081] 그리고 우적계와 구덕산레이더의 반사도 자료를 비교한 후 비슬산레이더를 기준으로 하는 동일라인 기법을 이용하여 구덕산레이더의 반사도 자료를 보정한 결과(d)를 기존의 보정 기법(a, b, c)의 결과와 비교하면 도 8과 같이 지상우량에 있어 상당히 개선되었음을 확인할 수 있었다.
- [0082] 또한, 우적계와 구덕산레이더의 반사도 자료를 비교한 후 비슬레이더를 기준으로 하는 동일도메인 기법을 이용하여 구덕산레이더의 반사도 자료를 보정한 결과(d)를 기존의 보정 기법(a, b, c)의 결과와 비교하면 도 11과 같이 지상우량에 있어 상당히 개선되었음을 확인할 수 있었다.
- [0084] 상기한 실시예는 예시적인 것에 불과한 것으로, 당해 기술분야에 대한 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양하게 변형된 다른 실시예가 가능하다.
- [0085] 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위에는 하기의 특허청구범위에 기재된 발명의 기술적 사상에 의해 상기

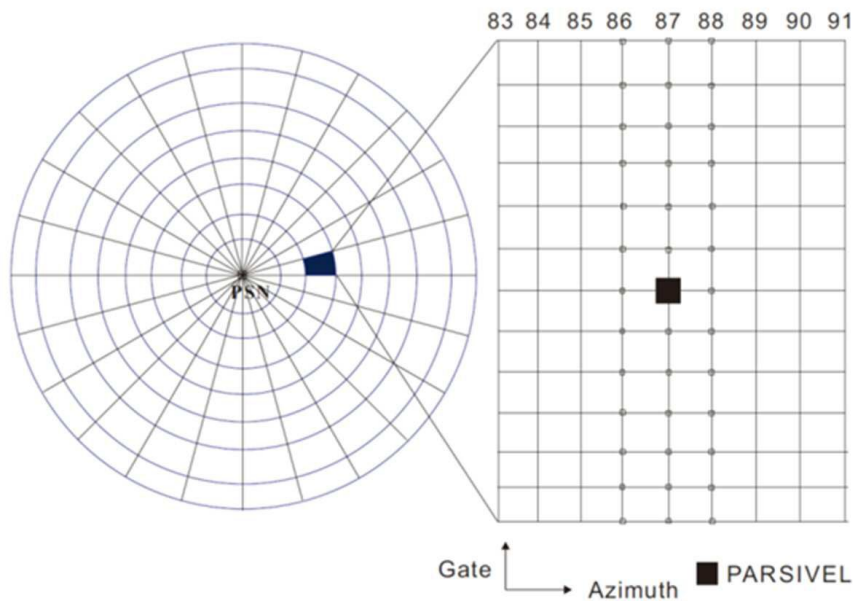
의 실시예뿐만 아니라 다양하게 변형된 다른 실시예가 포함되어야 한다.

도면

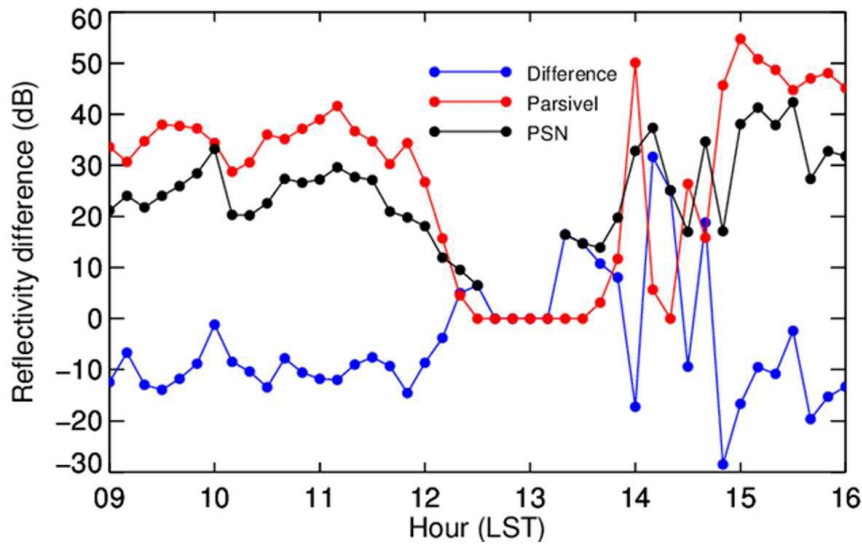
도면1



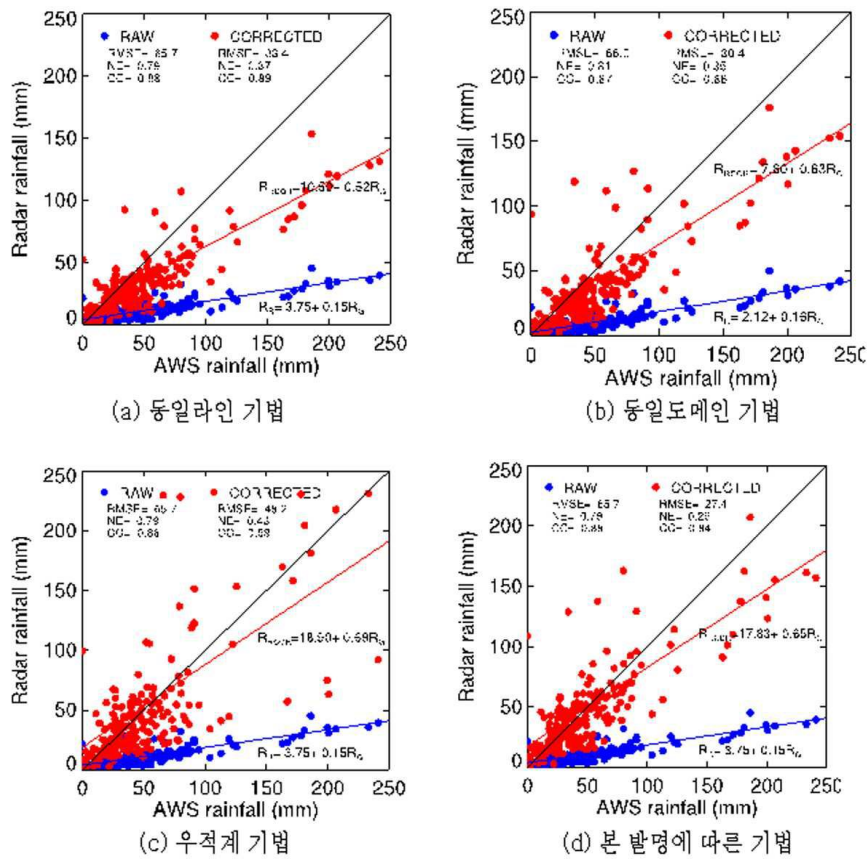
도면2



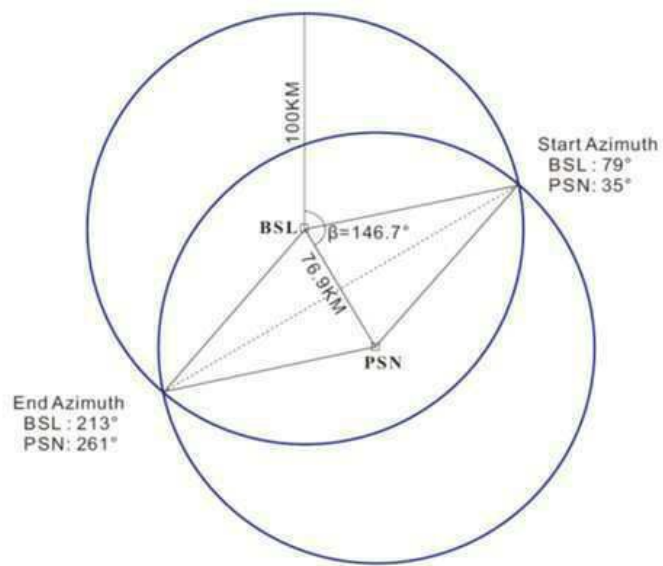
도면3



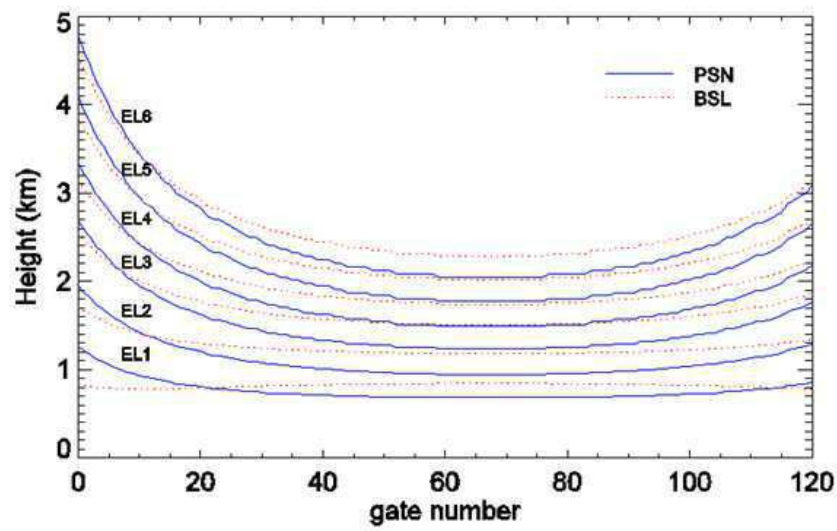
도면4



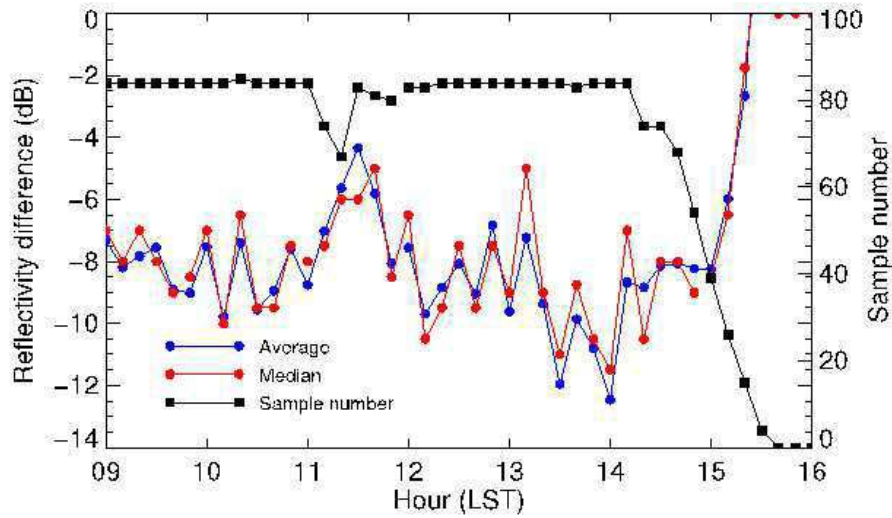
도면5



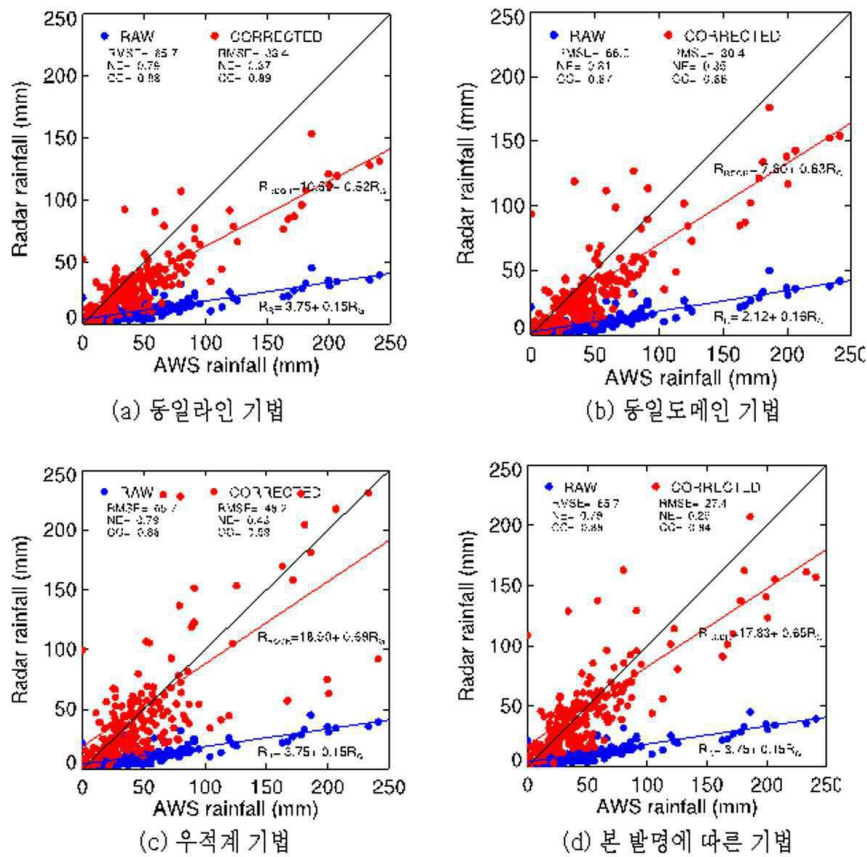
도면6



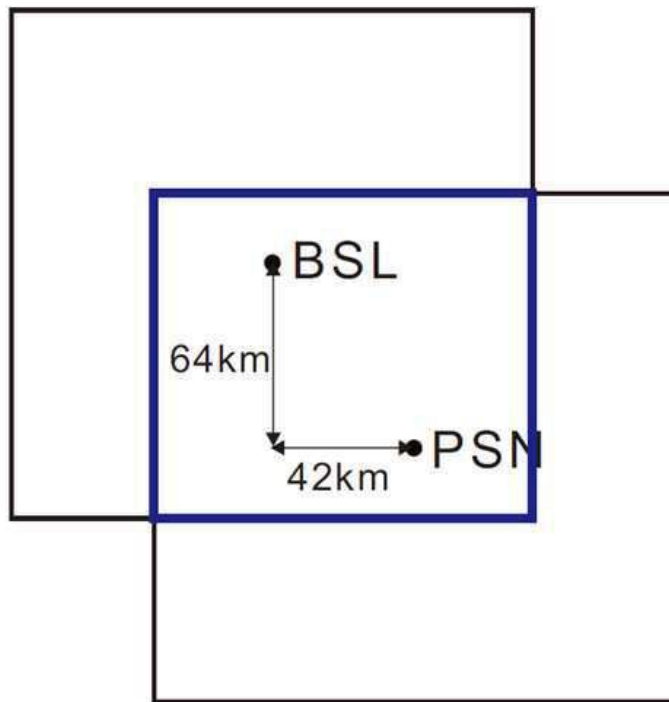
도면7



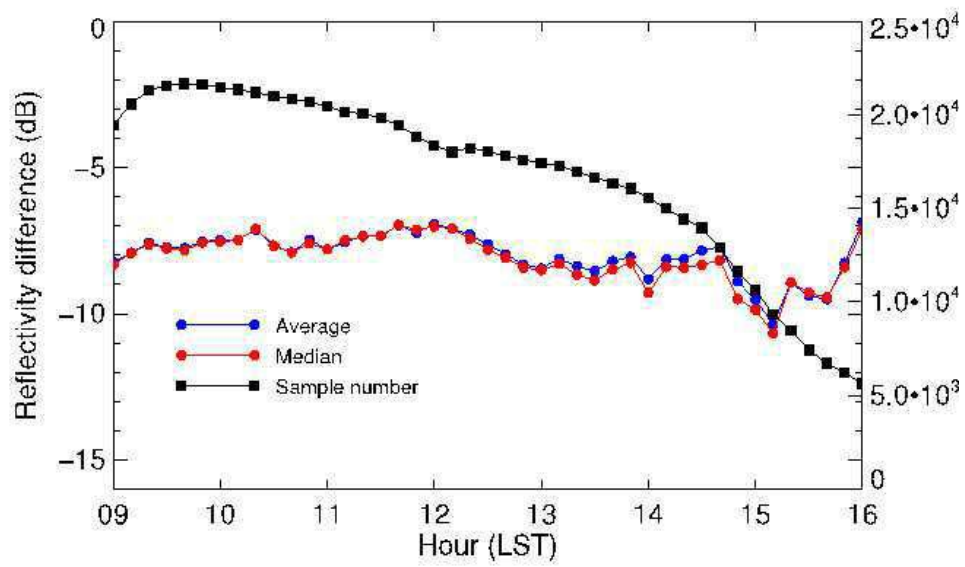
도면8



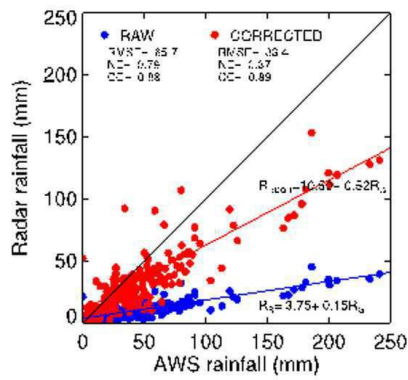
도면9



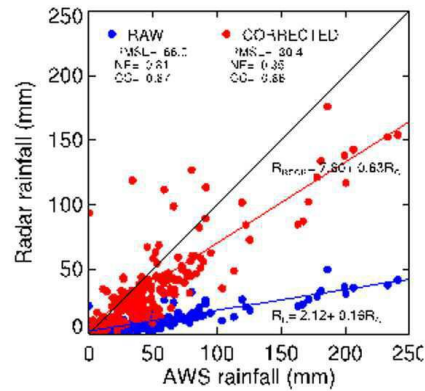
도면10



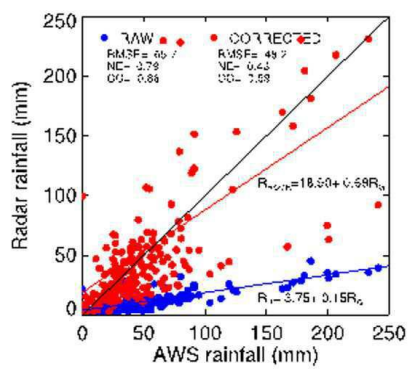
도면11



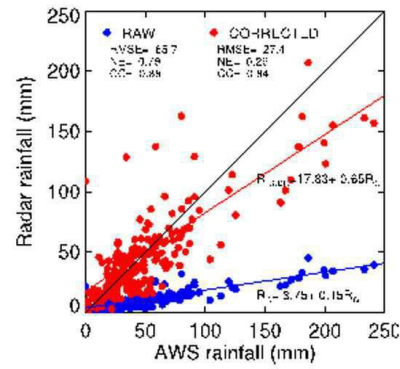
(a) 동일라인 기법



(b) 동일도메인 기법



(c) 우적계 기법



(d) 본 발명에 따른 기법