



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월03일
(11) 등록번호 10-1437587
(24) 등록일자 2014년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/14 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2013-0123348
(22) 출원일자 2013년10월16일
심사청구일자 2013년10월16일
(56) 선행기술조사문헌
강미영 외 4인, '이중편파레이더의 차등위상 unfolding 알고리즘 개발', 2012년도 한국기상학회 가을학술대회 논문집, 2012.
허술잎 외 7인, '이중편파레이더를 이용한 대기수상체 분류 사례분석', 2012년도 한국기상학회 봄 학술대회 논문집, 2012.04.
KR101221773 B1
KR100442009 B1

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동, 부경대학교)
(72) 발명자
이동인
부산광역시 남구 분포로 113, 205동 802호(용호동, 엘지메트로시티)
유철환
부산광역시 남구 용소로 45, 4호관 4324호 (대인동, 부경대학교대연캠퍼스)
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인부경

전체 청구항 수 : 총 14 항

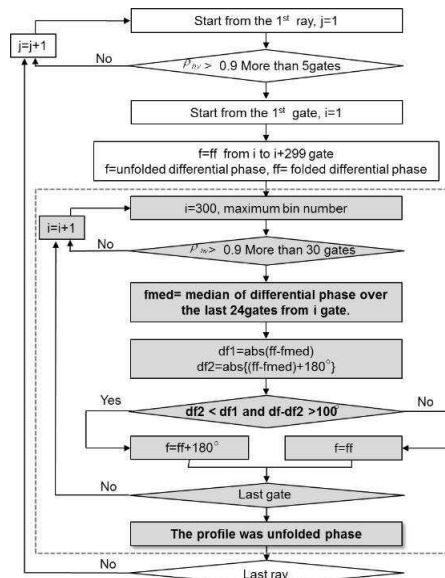
심사관 : 김홍래

(54) 발명의 명칭 **정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정방법**

(57) 요약

본 발명은 이중편파 레이더에서 측정된 원시자료 값(raw data)인 차등위상차 값의 오류 정보를 보정하여 비차등 위상차 값의 신뢰성을 확보하고, 이에 따라 최종적으로 정확한 강우량을 추정하기 위한, 차등위상차 값의 보정방법에 관한 것으로서, 각각의 방위각에 대해서 해당 게이트에서의 차등위상차의 접힘 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 접혔다고 판단되면, 해당 게이트의 차등위상차 접힘을 푸는 단계; 및 해당 게이트에서의 차등 위상차의 노이즈 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 노이즈로 판단되면, 해당 게이트의 차등위상차를 제거한 후, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 노이즈 제거 및 복원 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

강미영

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

구지영

서울특별시 관악구 보라매로3길 7, 301호(봉천동,
프라임)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2006-03874

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 국제공동연구사업-글로벌연구실

연구과제명 동지나해 공동해역에서의 대기 강수시스템 및 호우 발달에 관한 연구(동지나 북부해역에서
의 강수시스템에 관한 연구)

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CATER 2012-2071

부처명 환경부

연구관리전문기관 (재)기상기술개발원

연구사업명 기상기술개발사업

연구과제명 한국의 지형효과를 고려한 레이더강수량예측 기술개발

기 여 율 1/2

주관기관 부경대학교 산학협력단

연구기간 2012.03.08 ~ 2015.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정방법에 있어서,

각각의 방위각에 대해서 미리정해진 수 이상의 게이트에 대해, 해당 게이트로부터 미리정해진 수 이전만큼의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값을 계산한 후,

해당 게이트에서 구한 차등위상차의 중앙값(f_{med})과 해당 게이트에서 관측된 차등위상차 값의 차이값을 구해서 절대값을 취한 $df1$ 과, 상기 차이값에 180° 을 더해서 절대값을 취한 $df2$ 를 구하여, $df2$ 가 $df1$ 보다 작고, $df2$ 과 $df1$ 의 차이가 100 이상이면 해당 게이트에서의 차등위상차는 접혔다고 판단하여 해당 게이트의 차등위상차 값에 180도를 더해주어 차등위상차 접힘을 푸는 단계; 및

해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수의 전후 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후 상기 표준편차 값이 미리정해진 수 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거하고,

해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 미리정해진 수 만큼의 게이트의 차등위상차를 점검하여 미리정해진 수 이상의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거한 후,

해당 게이트에 대한 레이더 관측에서부터 관측된 원시자료의 차등위상차를 점검하여 상기 원시자료에 해당 게이트의 차등위상차가 존재한다면, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 노이즈 제거 및 복원 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계에서,

한 방위각 대해서 상관계수가 0.9 이상인 게이트가 5개 이상인 경우에만 해당 방위각에 대해 차등위상차 접힘 풀기를 수행하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계에서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 것은 해당 방위각에서 301 게이트 이상의 게이트에 대해 수행하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계에서,

상기 중앙값은 해당 게이트로부터 24개 이전만큼의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값인 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 노이즈 제거 및 복원 단계에서,

해당 게이트를 중심으로 전후 4개씩의 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후, 상기 표준편차 값이 15도 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 노이즈 제거 및 복원 단계에서,

해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 2개씩 수 만큼의 게이트의 차등위상차(총25개 게이트의 차등위상차)를 점검하여, 18개 이상에서의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 7

정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정방법에 있어서,

각각의 방위각에 대해서 해당 게이트에서의 차등위상차의 접힘 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 접혔다고 판단되면, 해당 게이트의 차등위상차 접힘을 푸는 단계; 및

해당 게이트에서의 차등위상차의 노이즈 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 노이즈로 판단되면, 해당 게이트이 차등위상차를 제거한 후, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 노이즈 제거 및 복원 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계에서,

해당 게이트의 차등위상차가 접혔다고 판단되면 해당 게이트의 차등위상 값에 180도를 합해 줌으로써 차등위상차 접힘을 푸는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계는

각각의 방위각에 대해서 미리정해진 수 이상의 게이트에 대해, 해당 게이트로부터 미리정해진 수 이전만큼의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값을 계산한 후,

해당 게이트에서 구한 차등위상차의 중앙값(f_{med})과 해당 게이트에서 관측된 차등위상차 값의 차이값을 구해서 절대값을 취한 $df1$ 과, 상기 차이값에 180° 을 더해서 절대값을 취한 $df2$ 를 구하여, $df2$ 가 $df1$ 보다 작고, $df2$ 과 $df1$ 의 차이가 100 이상이면 해당 게이트에서의 차등위상차는 접혔다고 판단하여 해당 게이트에 180도를 더해 주어 차등위상차 접힘을 푸는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 차등위상차 접힘을 푸는 것은 해당 방위각에서 301 게이트 이상의 게이트에 대해 수행하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 중앙값은 해당 게이트로부터 24개 이전의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값인 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 12

제 7항에 있어서,

상기 노이즈 제거 및 복원 단계는

해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수의 전후 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후 상기 표준편차 값이 미리정해진 수 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거하고,

해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 미리정해진 수 만큼의 게이트의 차등위상차를 점검하여 미리정해진 수 이상의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거한 후,

해당 게이트에 대한 레이더 관측에서부터 관측된 원시자료의 차등위상차를 점검하여 상기 원시자료에 해당 게이트의 차등위상차가 존재한다면, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

해당 게이트를 중심으로 전후 4개씩의 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후, 상기 표준편차 값이 15도 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

청구항 14

제 12항에 있어서,

해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 2개씩 수 만큼의 게이트의 차등위상차(총25개 게이트의 차등위상차)를 점검하여, 18개 이상에서의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거하는 것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 이중편파 레이더에서 측정된 원시자료 값(raw data)인 차등위상차 값의 오류 정보를 보정하여 비차등위상차 값의 신뢰성을 확보하고, 이에 따라 최종적으로 정확한 강우량을 추정하기 위한, 차등위상차 값의 보정방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기상 레이더는 전파를 이용하여 강수의 입자와 크기를 측정하는 원격 관측 장비로써, 시공간적 해상도를 가지고 유효반경 240 km 이내의 넓은 영역의 강수량을 산출하는 기상 장비 중 하나이다. 따라서 재해를 많이 일으키는 태풍이나 장마, 홍수 등 넓은 범위에 대한 전체적인 기상상태를 실시간 파악할 수 있고, 비구름의 발달 구조 상태를 관측할 수 있다.

[0003] S 밴드 레이더는 X 밴드나 C 밴드에 비해 파장이 길고, 주파수가 낮기 때문에 대기중에 존재하는 강수에 의한 감쇠가 적어 목표물을 정량적으로 고해상도 생성할 수 있는 장점이 있다.

[0004] 이중편파레이더는 수직편파와 수평편파를 교대로 발사하여 목표물을 관측함으로써, 강우입자의 수평성분과 수직성분을 계산할 수 있기 때문에 지상에 떨어지는 강수량 계산시 기존의 단일편파레이더보다 더 정확한 강수량을 계산할 수 있다. 특히, 좁은 지역에서 돌발적으로 발생하는 대류성 호우를 정확히 산출할 수 있다.

[0005] 이중편파레이더에서 산출되는 변수 중에 차등위상차(ϕ_{DP})는 강우입자의 수평위상과 수직위상의 차이로 정의되며, 강우량 추정에 중요한 변수인 비차등위상차를 계산하는데 필요한 매우 중요한 변수이다.

[0006] 즉, 차등위상차(ϕ_{DP})는 주어진 거리에서 수평과 수직으로 편파된 레이더 펄스간의 위상 차이를 의미하고 다음 식으로 계산된다.

[0007]
$$\phi_{DP} = \phi_H - \phi_V, \quad \phi_H, \phi_V \geq 0$$

[0008] 한편, 비차등위상차(K_{DP})는 차등위상차(Φ_{DP})를 거리로 미분한 것으로 다음 식과 같이 계산된다.

$$K_{DP} = \frac{\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)}{2(r_2 - r_1)}$$

[0009]

[0010] 따라서, 차등위상차(Φ_{DP})의 경우, 일정 방위각에서 수평·수직 전파의 위상차의 합이 거리에 따라 적분개념으로 축적된 값인 반면에, 비차등위상차(K_{DP})는 특정 거리에서 차등위상차(Φ_{DP})의 변화율을 구한 값으로, 각 지점에서 값을 정량적으로 이용할 수 있다. 이러한 위상차는 레이더 캘리브레이션 오차나 기타 외부적 요인들과는 독립적으로 취급될 수 있어 강우에 대한 보다 유용한 정보를 도출해 낼 수 있다.

[0011] 그러나, 레이더에서 관측된 차등위상차 정보의 처리가 제대로 이루어지지 않거나 잘못될 경우, 비차등위상차 값에 상당한 오차를 유발하고 최종적으로 강우량 추정 정확도에 영향을 미친다.

[0012] 따라서, 좁은 지역에서 돌발적으로 발생하는 대류성 호우 등의 강우량을 정확하게 추정하기 위해서는 기상 레이더에서 측정된 차등위상차 값의 오류나 오차를 수정하여 신뢰성 있는 차등위상차 값을 얻은 필요가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보(등록번호 10-1221773, 2013 1월 7일 등록, 발명의 명칭: 이중편파 레이더를 이용한 기상 및 비기상 예고 분류 방법)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 목적은 기상 레이더에서 측정된 차등위상차 값의 오류나 오차를 수정 보정하여 강우량, 특히 좁은 지역에서 돌발적으로 발생하는 대류성 호우 등의 강우량을 정확하게 추정하기 위한 차등위상차 값의 보정방법을 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위한 것으로서, 본 발명의 정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정 방법은, 각각의 방위각에 대해서 해당 게이트에서의 차등위상차의 접힘 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 접혔다고 판단되면, 해당 게이트의 차등위상차 접힘을 푸는 단계; 및 해당 게이트에서의 차등위상차의 노이즈 여부를 판단하여 해당 게이트의 차등위상차가 노이즈로 판단되면, 해당 게이트의 차등위상차를 제거한 후, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 노이즈 제거 및 복원 단계;를 포함한다.

[0017] 바람직한 실시예에 따르면, 상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계에서, 해당 게이트의 차등위상차가 접혔다고 판단되면 해당 게이트의 차등위상 값에 180도를 합해 줌으로써 차등위상차 접힘을 풀게 된다.

[0018] 바람직한 실시예에 따르면, 상기 차등위상차 접힘을 푸는 단계는 각각의 방위각에 대해서 미리정해진 수 이상의 게이트에 대해, 해당 게이트로부터 미리정해진 수 이전의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값을 계산한 후,

[0019] 해당 게이트에서 구한 차등위상차의 중앙값(f_{med})과 해당 게이트에서 관측된 차등위상차 값의 차이값을 구해서 절대값을 취한 $df1$ 과, 상기 차이값에 180° 을 더해서 절대값을 취한 $df2$ 를 구하여, $df2$ 가 $df1$ 보다 작고, $df2$ 과 $df1$ 의 차이가 100 이상이면 해당 게이트에서의 차등위상차는 접혔다고 판단하여 해당 게이트에 180도를 더해주어 차등위상차 접힘을 푸는 것을 특징으로 한다.

- [0020] 바람직한 실시예에 따르면, 상기 차등위상차 접힘을 푸는 것은 해당 방위각에서 301 게이트 이상의 게이트에 대해 수행하며, 상기 중앙값은 해당 게이트로부터 24개 이전만큼의 게이트까지의 차등위상차의 중앙값인 것을 특징으로 한다.
- [0021] 바람직한 실시예에 따르면, 상기 노이즈 제거 및 복원 단계는 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수의 전후 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후 상기 표준편차 값이 미리정해진 수 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거하고,
- [0022] 해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 미리정해진 수 만큼의 게이트의 차등위상차를 점검하여 미리정해진 수 이상의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거한 후,
- [0023] 해당 게이트에 대한 레이더 관측에서부터 관측된 원시자료의 차등위상차를 점검하여 상기 원시자료에 해당 게이트의 차등위상차가 존재한다면, 해당 게이트를 중심으로 미리정해진 수만큼의 전후 게이트의 차등위상차의 평균값으로 복원해 주는 것이다.
- [0024] 바람직한 실시예에 따르면, 해당 게이트를 중심으로 전후 4개씩의 게이트 범위 내의 차등위상차의 표준편차 값을 구한 후, 상기 표준편차 값이 15도 이상이면 노이즈로 간주하여 해당 게이트의 차등위상차 값을 제거한다.
- [0025] 바람직한 실시예에 따르면, 해당 게이트를 중심으로 전후 좌우의 2개씩 수 만큼의 게이트의 차등위상차(총25개 게이트의 차등위상차)를 점검하여, 18개 이상에서의 차등위상차 값이 존재하지 아니하면 해당 차등위상차를 제거한다.

발명의 효과

- [0026] 상기와 같은 차등위상차 접힘 현상과 노이즈의 제거 및 복원으로 통해서, 기상 레이더에서 측정된 차등위상차 값에 대한 신뢰성 있는 보정 값을 얻음으로써, 이를 바탕으로 강우량, 특히 좁은 지역에서 돌발적으로 발생하는 대류성 호우 등의 강우량의 정확한 추정이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 차등위상차 접힘 풀기 처리의 순서도.
- 도 2는 레이더 PPI 화상 사진들로서, (a) 레이더에서 관측한 그대로의 차등위상차 값(원시 자료값)에 의한 레이더 PPI 화상 사진이며, (b)는 차등위상차 접힘 풀기를 수행하기 위해, 5개의 gate에 대한 중앙값을 적용하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용하지 아니한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이며, (c)는 5개의 gate에 대한 중앙값을 적용하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이며, (d)는 25개의 gate에 대한 중앙값을 적용하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 비차등위상차 값의 노이즈 제거 및 복원 처리의 순서도.
- 도 4는 레이더 PPI 화상 사진들로서, (a)는 레이더에서 관측된 원시자료의 차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상 사진, (b)는 차등위상차 접힘 풀기와 노이즈 제거 후의 차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상 사진, (c)는 레이더에서 관측된 원시자료에 대한 비차등위상차 PPI 화상 사진, (d)는 차등위상차 접힘 풀기와 노이즈 제거/복원 후의 본 발명의 차등위상차 보정 후의 비차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하에서는 본 발명에 따른, 정확한 강우량 추정을 위한 차등위상차 값의 보정방법을 보다 상세히 설명하기로 한다.
- [0029] 앞서 살펴본 바와 같이, 차등위상차 값의 오차 관리(신뢰성 관리)는 정확한 강우량을 추정하는 데 매우 중요한 요소이다.
- [0030] 차등위상차(ϕ_{dp})가 가지는 오차 정보의 종류는 크게 2가지로 나눌 수 있는데, 첫째는, 레이더시스템에 따른 하드웨어의 한계에 따른 차등위상차 접힘 현상이며, 둘째는, 국지적인 노이즈로 인한 오차의 발생이다.

- [0031] 본 발명은 차등위상차 값의 이러한 오차를 제거하기 위하여, 우선 일정 영역에서 관측된 차등위상차값의 표준편차값을 계산하고 이웃하는 차등위상차 값과의 차이를 비교하여 데이터 제거 및 복원을 하는 것이다.
- [0032] 본 발명의 차등위상차 값의 보정은 크게 ① 차등위상차의 접힘 풀기, ② 차등위상차의 노이즈 제거 및 데이터 복원 순으로 구성된다.
- [0033] ① 차등위상차(ϕ_{DP}) 접힘 풀기
- [0034] 차등위상차 변수는 레이더 중심에서 거리에 따라 증가하는 특성을 가진다.
- [0035] 그러나, 레이더 시스템에 따라 강한 대류운이나 강한 강수발생시 차등위상 접힘 현상이 종종 발생한다.
- [0036] "차등위상 접힘 현상"이란 이중편파 변수 중 차등위상차가 레이더의 관측한계를 벗어나게 되면 엉뚱한 값을 나타내게 되는 현상을 말한다.
- [0037] 예를 들어 설명하면 다음과 같다.
- [0038] 비슬산레이더에서 관측할 수 있는 차등위상차는 180도이다. 차등위상차는 거리가 증가함에 따라 누적되는 값인데, 거리에 따라서 차등위상차가 다음과 같이 분포할 수 있다는 것이다. 30, 40, 50, 70, 90,, 160, 170, 180, 10, 20,
- [0039] 이와같이 레이더의 한계를 넘어서면 다시 처음부터 값이 시작된다하여 이것을 접힘현상(Folding)이라 한다.
- [0040] 따라서, 이러한 차등위상차 접힘에 의한 오차의 제거는 감쇠보정이나 강수추정 전에 가장 먼저 수행되어야 한다.
- [0041] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 차등위상차 접힘 풀기 처리의 순서도이다.
- [0042] 도 1을 참조하면, 한 방위각에 대해서 상관계수가 0.9 이상인 gate가 적어도 5개 이상인 경우에만 그 방위각 프로파일에 대해 차등위상차 접힘 풀기를 시작한다. 위의 조건을 만족한다면 방위각방향으로 0도에서 360도까지 각 방위각(radial)에 대해 gate 별로 작업을 수행한다.
- [0043] 여기서, "게이트(gate)"란 레이더가 가지는 거리해상도를 의미한다. 예를 들면 레이더 관측반경이 100km이고, 해상도가 125m일 때(125m마다 자료를 생성해 냄), $100,000/125 = 800$, 즉 800개의 gate가 생성된다. 상기 800개의 각 gate에 반사도, 차등위상차, 상관계수 등의 값이 각각 존재한다. 이것은 한 방위각에 해당하는 것이고, 360도 방위각으로 회전을 하고 방위각 해상도가 1도이면 360×800 개의 gate가 한 개 고도각 관측에서 생성된다.
- [0044] 각 방위각에 대해 각각의 gate 별로 차등위상차 접힘 풀기를 시작한다.
- [0045] 먼저, 각각의 방위각에 대해서 미리정해진 수만큼의 게이트 이상부터, 해당 게이트로부터 미리정해진 수만큼의 이전 게이트까지의 차등위상차의 중앙값(median)(fmed)을 계산한다.
- [0046] 예컨대, 각각의 방위각에서 0에서 300까지의 gate는 차등위상차가 접혔을 확률이 거의 없으므로 계산시간 단축을 위해 건너뛰고, 301번째 gate 부터 다음과 같은 점검을 시작한다. 0에서 301번째까지의 gate에서 상관계수가 0.9 이상인 gate 수가 30개 이상이면, 해당 게이트로부터 이전 24개 gate 까지의 25개의 gate의 차등위상차의 중앙값(median)을 계산한다. 이 과정에서 중앙값을 계산하는 gate 수는 노이즈에 매우 민감하므로 25개보다 작으면, 도 2의 2와 3과 같이, 차등위상차의 접힘 풀기 수행시 엉뚱한 결과를 가져올 수 있다.
- [0047] 따라서 본 발명에서 제시하는 순서와 달리 노이즈 제거를 먼저 수행하게 되면 접힘 현상이 일어나는 영역(노이즈가 아닌 의미있는 자료)에서 표준편차 값이 커서 실제 의미 있는 자료가 삭제되기 때문에 이를 주의하여야 한다.
- [0048] 다음으로, 해당 gate에서 구한 차등위상차의 중앙값(fmed)과 해당 gate에서 관측된 차등위상차 값의 차이값을 구해서 절대값을 취한 $df1(abs(ff-fmed))$ 과, 여기(상기 차이값)에 180° 을 더해서 절대값을 취한 $df2(abs\{(ff-fmed)+180^\circ\})$ 를 구한다.
- [0049] 다음으로, $df2$ 가 $df1$ 보다 작고, $df2$ 과 $df1$ 의 차이가 100 이상이면(즉, $df1 > df2$, and $df1-df2 > 100$), 해당 게이트 에서의 차등위상차는 접혔다고 판단하여 해당 게이트의 차등위상차 값에 180° 를 더해주어 접힘을 풀게

되고, 그렇지 않으면 차등위상차는 접하지 않았다고 판단하여 측정된 해당 게이트 값의 차등위상차 값을 그대로 사용하게 된다.

- [0050] 여기에서, $df1$ 와 $df2$ 의 차이의 조건만 적용하면 노이즈에 의한 에러를 유발하므로, $df1$ 와 $df2$ 의 차($df1-df2$)가 100이상인 조건을 꼭 포함하여야 한다. 위와 같은 절차를 0도에서 360도까지 반복수행하여 최종 차등위상차 접힘 풀기결과를 얻게 된다(도 2 참조).
- [0051] 도 2는 레이더 PPI 화상 사진들로서, (a) 레이더에서 관측한 그대로의 차등위상차 값(원시 자료값)에 의한 레이더 PPI 화상 사진이며, (b)는 차등위상차 접힘 풀기를 수행하기 위해, 해당 게이트로부터 이전 4개 gate까지의 5개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고(중앙값 5 적용), $df1-df2 > 100$ 을 적용하지 아니한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이며, (c)는 해당 게이트로부터 이전 4개 gate까지의 5개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이며, (d)는 본 발명에서의 바람직한 실시예에서 설명한 바와 같이 해당 게이트로부터 이전 24개 gate까지의 25개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0052] 도 2를 보다 구체적으로 살펴보기로 한다.
- [0053] 도 2의 (a)는 레이더에서 관측한 그대로의 차등위상차 값에 의한 레이더 PPI 화상 사진으로서, 동그라미 원의 부분을 보면 거리적으로 값이 증가하다가 일정 거리에서 갑자기 값이 감소하는 부분이 있는데, 이부분이 차등위상차 접힘이 일어난 부분이다.
- [0054] 이러한 차등위상차 접힘 현상을 푸는 데 있어서, $gate(i)$ 와 앞의 $gate(i-1)$ 과의 차이를 주로 이용하는데, 그 중에서 앞쪽의 몇 개의 gate에서의 중앙값 또는 평균값을 사용한다. 여기서 앞쪽 gate 5개를 이용해서 중앙값을 계산(중앙값 5 적용)하느냐, 25개의 gate(중앙값 25 적용)를 이용하느냐에 따라서 결과의 차이가 나게 된다.
- [0055] 도 2의 (b)는 차등위상차 접힘 풀기를 수행하기 위해, 해당 게이트로부터 이전 4개 gate까지의 5개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고(중앙값 5 적용), $df1-df2 > 100$ 을 적용하지 아니한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0056] 도 2에서 처럼, 단순히 현재 gate와 앞쪽의 gate에서 구한 중앙값의 차이만($df2$ 가 $df1$ 보다 작다)을 적용하게 되면 노이즈에 의한 영향으로 도 2의 (b)의 원처럼 엉뚱한 결과를 초래하게 된다.
- [0057] 도 2의 (c)는 차등위상차 접힘 풀기를 수행하기 위해, 해당 게이트로부터 이전 4개 gate까지의 5개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0058] 도 2의 (c)에서와 같이, 여기서는 $df1$ 과 $df2$ 의 차이값이 100이상이라는 조건을 적용하면, 도 2의 (b)에서의 오차를 상당히 줄일 수 있다. 그러나, 도 2의 (c)는 도 2의 (b)보다는 오차가 적으나 완전히 오차를 없앨 수 없으며, 작은 크기의 원처럼 오차가 남게 된다.
- [0059] 도 2의 (d)는 본 발명에서 제안하는 방법으로서, 차등위상차 접힘 풀기를 수행하기 위해, 해당 게이트로부터 이전 24개 gate까지의 25개 gate의 차등위상차 중앙값(median)을 계산하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용한 경우의 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0060] 도 2의 (d)에서와 같이, 25개의 gate에 대한 중앙값을 적용하고, $df1-df2 > 100$ 을 적용하면, 완전히 오차가 없어짐을 확인할 수 있다.

② 노이즈 제거 및 데이터 복원

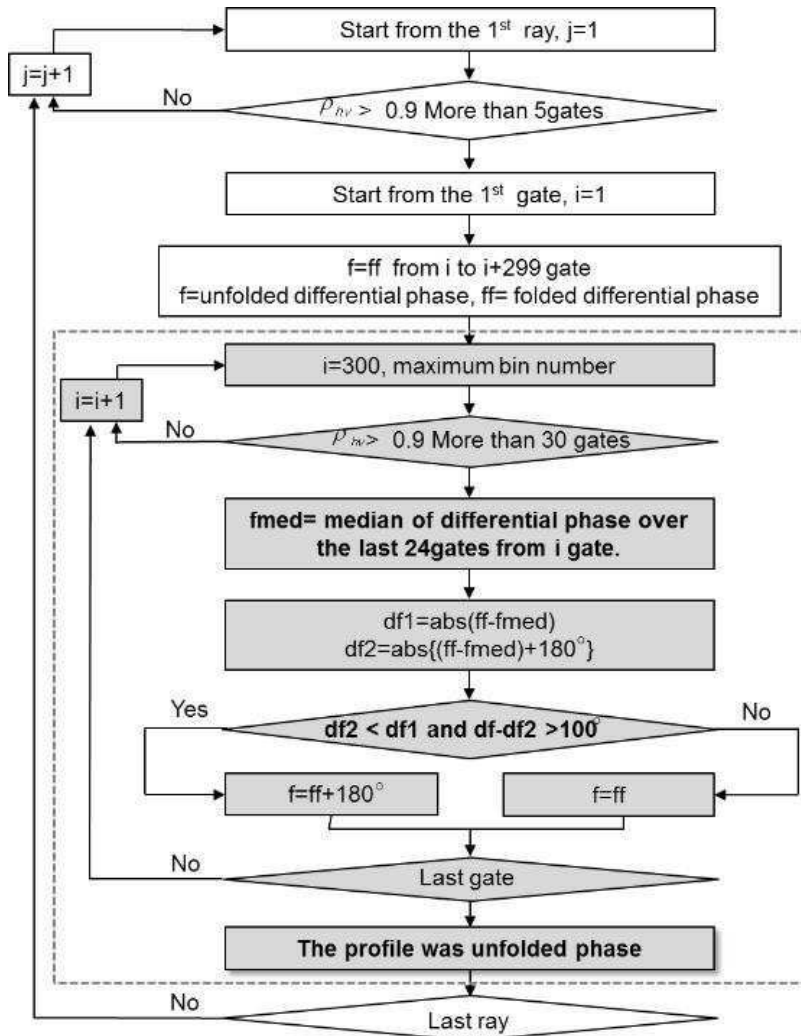
- [0062] 차등위상의 접힘풀기 수행 후에 존재하고 있는 노이즈를 제거하여야 한다. 노이즈 제거 및 데이터 복원에 대한 수행절차는 도 3에 도식화하였고, 내용은 다음과 같다. 즉, 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른, 비차등위상차 값의 노이즈 제거 및 복원 처리의 순서도이다.
- [0063] 도 3을 참조하면, 먼저, 해당 gate에서 전후의 4개씩의 gate의 차등위상차를 이용하여 차등위상차의 표준편차값(Std_phi)을 구한다. 즉, 해당 게이트를 중심으로 이전의 4개의 gate부터, 해당 게이트 이후의 4개의 gate까지 차등위상차까지의 표준편차값을 구한다.
- [0064] 해당 gate에서의 차등위상차의 표준편차값이 15도 이상이면 노이즈로 간주되어 해당 차등위상차 값을 제거한다.
- [0065] 다음으로, 완전히 제거되지 않은 나머지 노이즈 제거를 위하여, 해당 gate로부터 방위각 방향과 ray 방향에서

의 전후좌우 2 gate에 해당하는 총 25개 gate의 차등위상차를 점검한다. 좌우 2개씩만 인접하는 좌우 방위각을 의미하며, 전후 2개씩이란 해당 방위각에서의 전후 gate를 의미한다. 따라서, 해당 게이트를 중심으로, 해당 게이트의 방위각과 인접한 좌우 2개 범위의 방위각(합 5개의 방위각)에서의 전후 2개 범위 내의 gate(해당 방위각에서 각 5개 gate), 총 25개의 차등위상차의 값을 점검하여 18개 이상의 gate 값이 존재하지 않으면 손실자료로 처리하여(missing), 그에 해당하는 차등위상차 값도 제거 한다.

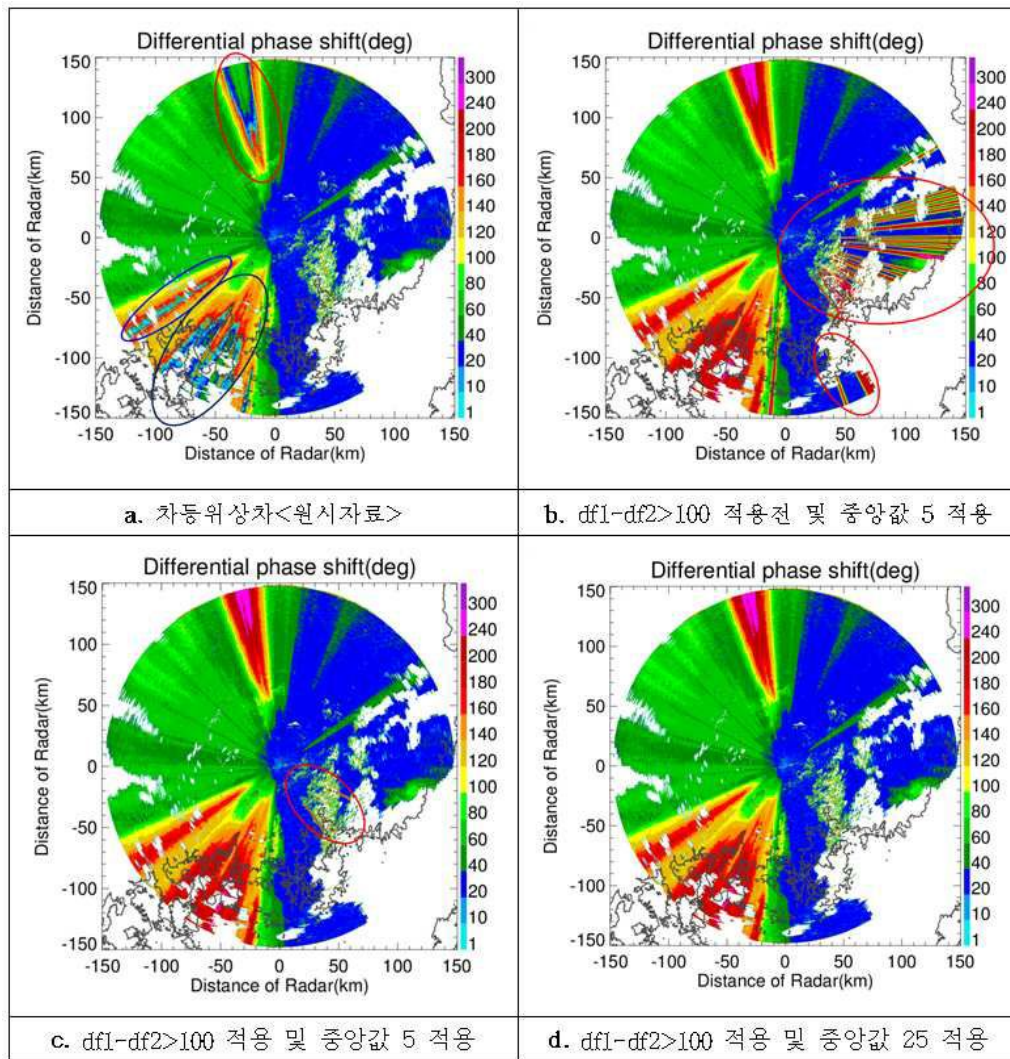
- [0066] 마지막으로, 데이터 복원단계로서, 앞선 2번의 missing 처리 자료에 대한 차등위상차 값을 채워주는 과정이다.
- [0067] 차등위상차의 원시자료를 체크하여 레이더 관측에서부터 관측된 원시 자료가있었다면, 앞선 2번의 missing 처리에 의해 손실된 자료임으로, 해당 gate의 전후 4씩의 gate, 즉, 9개 gate의 평균값으로 복원하여 준다.
- [0068] 도 4는 레이더 PPI 화상 사진들이다.
- [0069] 도 4를 참조하면, 먼저, 도 4의 (a)는 원시자료의 차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0070] 레이더에서 관측된 차등위상차(원시자료)에는 도 4의 a)처럼 접힘현상 (검은색 원)과 많은 영역에 노이즈(붉은색 원)가 발생하게 된다. 즉, 붉은 색 원안에는 노이즈가 많이 존재하고 있고, 검은색 원(남쪽 방향)에는 차등위상차 값이 증가하다가 갑자기 감소하는 접힘현상이 발생하였음을 보여준다.
- [0071] (b)는 차등위상차 접힘 풀기와 노이즈 제거 후의 차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상 사진이다.
- [0072] 즉, 도 4의 (b)는 본 발명에 따른 차등위상차 보정을 실시한 후의 차등위상차에 대한 PPI 화상 사진으로서, 도시된 바와 같이 차등위상차 접힘과 노이즈가 깨끗히 해결되었음으로 확인할 수 있다.
- [0073] (c)는 레이더에서 관측된 원시자료에 대한 비차등위상차 PPI 화상 사진으로서, 즉, (a)의 차등위상차를 이용한 비차등위상차 PPI 화상 사진이다.
- [0074] (c)와 같이 차등위상차에 대한 접힘 현상이나 노이즈 제거가 제대로 이루어 지지 않은 경우에는 붉은 색 원안에 매우 노이즈가 심하게 나타남을 확인할 수 있다. 이와 같이, 차등위상차 접힘 현상과 노이즈를 제대로 제거하지 않은 상태에서 강수량을 추정할 경우 그 지역은 홍수에 버금가는 오류를 보여, 정확한 강수량 추정이 어렵다는 것을 확인할 수 있다.
- [0075] (d)는 차등위상차 접힘 풀기와 노이즈 제거/복원 후의 본 발명의 차등위상차 보정 후의 비차등위상차에 의한 레이더 PPI 화상사진으로서, (b)의 차등위상차를 이용한 비차등위상차 PPI 화상사진이다.
- [0076] (d)와 같이, 차등위상차 접힘 현상과 노이즈 제거/복원을 거친 경우에는 (c)에서 보였던 오류 들이 깨끗히 제거되었음을 확인할 수 있다. 따라서, 보다 정확하고 신뢰성 있는 강수량 추정이 가능하다.
- [0077] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것도 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래 특허청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

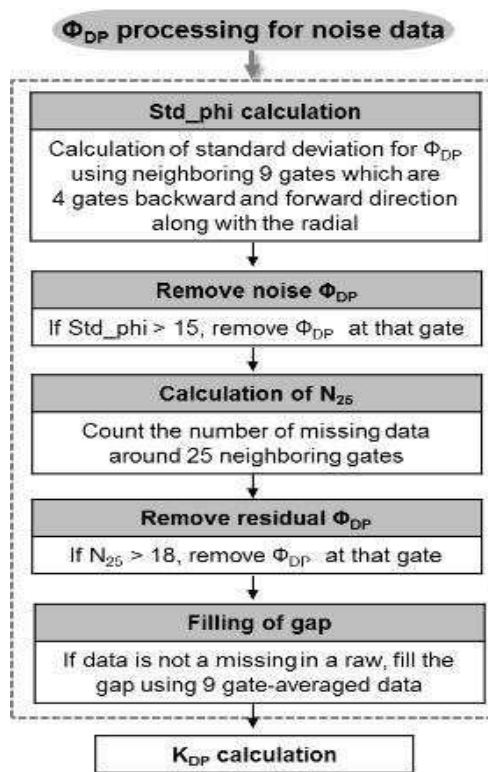
도면1



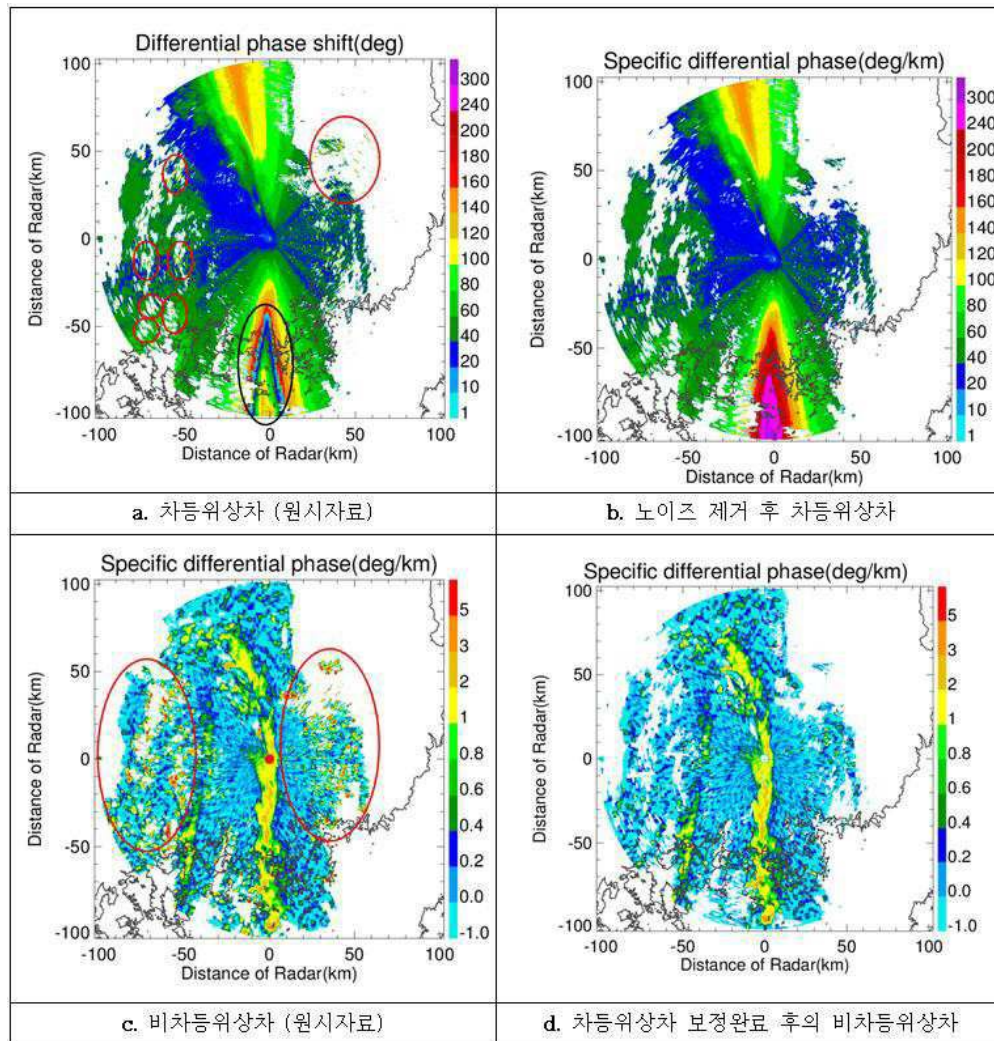
도면2



도면3



도면4



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 3 및 10

【변경전】

것을 차등위상차 값의 보정방법

【변경후】

것을 특징으로 하는 차등위상차 값의 보정방법