



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월05일
(11) 등록번호 10-1356019
(24) 등록일자 2014년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/06 (2006.01) G01S 13/78 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0054908
(22) 출원일자 2012년05월23일
심사청구일자 2012년05월23일
(65) 공개번호 10-2013-0131104
(43) 공개일자 2013년12월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP2002540439 A
KR1020060045106 A
KR1020110044906 A
KR100292641 B1

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
한영남
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원)
유인철
인천광역시 연수구 선학동
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인무한

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 김기완

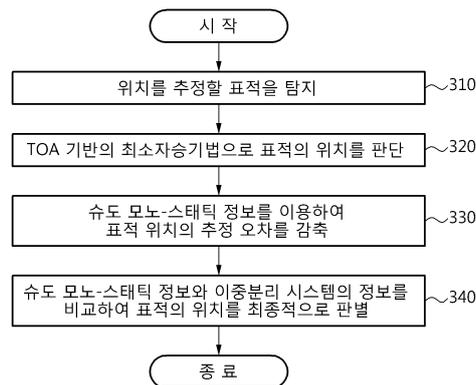
(54) 발명의 명칭 **휴대폰 망 이중분리 레이더에서 위치 추정 오차를 줄이는 위치 추정 방법 및 그 시스템**

(57) 요약

본 발명은 휴대폰 망 기반의 이중분리 레이더 시스템에서 선택적으로 신호 처리하여 위치 추정 오차를 줄이기 위한 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 방법에 있어서, 위치를 추정할 표적을 탐지하는 단계; TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계; 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계; 및 슈도 모노-스테틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계를 포함하는 위치 추정 방법이 제공된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

김의정

대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학
기술원)

정명득

대전광역시 서구 갈마동

특허청구의 범위

청구항 1

하나의 송신기 및 적어도 셋 이상의 수신기를 포함하는 이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 방법에 있어서,

TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계;

슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 상기 표적의 위치를 추정하는 단계; 및

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치 및 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치를 비교하여 상기 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계

를 포함하고,

슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 상기 표적의 위치를 추정하는 단계는,

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치 및 상기 송신기의 좌표를 지나는 직선과, 상기 슈도 모노-스테틱 정보로 구해진 상기 송신기와 상기 표적 사이의 거리를 반지름으로 가지는 원의 교점 두 개를 구하는 단계; 및

상기 두 개의 교점 중 하나를 선택하여 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치로 결정하는 단계

를 포함하는 위치 추정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 위치 추정 방법은 휴대폰 망을 기반으로 하는 이중분리 레이더 시스템에서 실행되는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 송신기와 상기 수신기는 자신의 위치를 인식하는 장치를 포함하며,

상기 수신기는 상기 표적으로부터 반사되어 전달되는 신호의 입사각을 측정하는 장치를 포함하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 상기 표적의 위치를 추정하는 단계는,

상기 이중분리 레이더 시스템의 수신기의 개수대로 원의 방정식을 얻는 단계; 및

상기 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 상기 표적의 위치로 추정하는 단계를 포함하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 상기 표적의 위치로 추정하는 단계는,

상기 표적의 위치는 상기 원의 방정식을 행렬 방정식으로 변형하고, 상기 행렬 방정식을 계산함으로써 추정하는 단계를 포함하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 두 개의 교점 중 하나를 선택하여 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치로 결정하는 단계는,

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 좌표를 상기 두 개의 교점 중 하나에 매핑(mapping)하는 단계를 포함하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 두 개의 교점 중 매핑 대상이 되는 교점은

상기 두 개의 교점 중 상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치와 가까운 교점을 선택하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치 및 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치를 비교하여 상기 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계는,

상기 송신기의 좌표로부터 상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치까지의 거리가 상기 슈도 모노-스테틱 정보로 구해진 상기 송신기와 상기 표적 사이의 거리보다 큰 경우, 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치를 상기 표적의 위치로 최종적으로 판별하는 단계; 및

상기 송신기의 좌표로부터 상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치까지의 거리가 상기 슈도 모노-스테틱 정보로 구해진 상기 송신기와 상기 표적 사이의 거리보다 작거나 같은 경우, 상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치를 상기 표적의 위치로 최종적으로 판별하는 단계

을 특징으로 하는 위치 추정 방법.

청구항 10

하나의 송신기 및 적어도 셋 이상의 수신기를 포함하는 이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 시스템에 있어서,

TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 추정하는 위치 추정부;

슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 상기 표적의 위치를 추정하는 오차 감측부; 및

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치 및 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치를 비교하여 상기 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 위치 판별부

를 포함하고,

상기 오차 감측부는,

상기 최소자승기법으로 추정된 상기 표적의 위치 및 상기 송신기의 좌표를 지나는 직선과, 상기 슈도 모노-스테틱 정보로 구해진 상기 송신기와 상기 표적 사이의 거리를 반지름으로 가지는 원의 교점 두 개를 구하고,

상기 두 개의 교점 중 하나를 선택하여 상기 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 추정된 상기 표적의 위치로 결정하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 시스템.

청구항 11

청구항 11은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제10항에 있어서,

상기 위치 추정부는,

상기 이중분리 레이더 시스템의 수신기의 개수대로 원의 방정식을 얻고,

상기 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 상기 표적의 위치로 추정하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 시스템.

청구항 12

청구항 12은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제11항에 있어서,

상기 표적의 위치는 상기 원의 방정식을 행렬 방정식으로 변형하고, 상기 행렬 방정식을 계산함으로써 추정하는 것

을 특징으로 하는 위치 추정 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 휴대폰 망 기반의 이중분리 레이더 시스템에서 선택적으로 신호 처리하여 위치 추정 오차를 줄이기 위한 방법 및 그 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 셀룰러 망 기반의 레이더 시스템은 무선 통신망의 기지국 신호를 사용하여 빠른 탐지와 넓은 탐지 영역을 강점으로 하는 레이더 시스템이다. 이러한 시스템은 송신기와 수신기가 분리되어 있는 이중 분리(Bi-static) 레이더 시스템으로 고려될 수 있다.

[0003] 이러한 레이더 시스템에서는 표적을 탐지한 후에 표적의 위치를 판단하게 된다. 이를 위해 TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival), AOA(Angle of Arrival)등의 방법으로 표적과 수신 안테나의 거리를 추정할 수 있고, 이렇게 얻어진 거리로부터 해석적 기법(Analytical Method)과 최소자승기법(Least Square Method) 등을 적용하여 표적의 위치 정보를 판단할 수 있게 된다.

[0004] 이와 같은 휴대폰 망을 기반으로 한 이중분리 레이더 시스템에서 표적 위치 추정의 오차를 감소시키고 정확도를 향상시켜서, 보다 정밀한 위치 추정을 이루고자 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 휴대폰 망을 기반으로 하는 이중분리 레이더 시스템에서 새로운 알고리즘을 추가하여 종래의 시스템에서 큰 변경 없이 표적의 위치를 보다 정확하게 추정하고자 한다.

[0006] 휴대폰 망 기반의 이중분리 레이더 시스템에서 빠르게 변하는 표적 위치를 판단하기 위하여 TOA 기반의 최소자승기법을 적용할 수 있다. 이때, 최소자승기법을 통하여 얻어지는 거리정보는 전파의 반사, 산란, 회절 특성과 기압 등의 환경적인 요소 그리고 송수신단 거리 오차와 수신기로 반사되어 들어오는 전파의 입사각 오차 등에 의하여 필연적으로 오차가 발생한다. 이러한 오차는 적 출현 시 적절한 대응을 어렵게 만들기 때문에, 슈도 모노-스태틱 정보를 통한 위치 추정 결과를 선택적으로 적용하여 표적의 위치 추정 오차를 줄이고 정확성을 높이는 것이다.

[0007] 기술적 과제는 슈도 모노-스테틱 정보와 최소자승기법으로부터 얻은 정보 중에서 그 선택기준을 설정하는 기법과 동시에 최적의 슈도 모노-스테틱 정보를 활용할 수 있는 알고리즘을 구현하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 방법에 있어서, 위치를 추정할 표적을 탐지하는 단계; TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계; 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계; 및 슈도 모노-스테틱 정보와 상기 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계를 포함하는 위치 추정 방법이 제공된다.

[0009] 일측에 있어서, 위치 추정 방법은 휴대폰 망을 기반으로 하는 이중분리 레이더 시스템에서 실행되고, 이중분리 레이더 시스템은 하나의 송신기와 최소 셋 이상의 수신기를 포함한다.

[0010] 또 다른 측면에 있어서, 송신기와 수신기는 자신의 위치를 인식하는 장치를 포함하며, 수신기는 표적으로부터 반사되어 전달되는 신호의 입사각을 측정하는 장치를 포함한다.

[0011] 또 다른 측면에 있어서, TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계는, 이중분리 레이더 시스템의 수신기의 개수대로 원의 방정식을 얻고, 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 표적의 위치로 추정하는 것이다.

[0012] 또 다른 측면에 있어서, 표적의 위치는 원의 방정식을 행렬 방정식으로 변형하고, 행렬 방정식을 계산함으로써 추정한다.

[0013] 또 다른 측면에 있어서, 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계는, 최소자승기법으로 구한 표적의 좌표와 송신기의 좌표를 모두 지나는 직선과, 슈도 모노-스테틱 정보로서 구한 송신기와 표적 사이의 거리를 반지름으로 가지는 원의 교점을 구하는 것이다.

[0014] 또 다른 측면에 있어서, 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계에서 구한 직선과 원의 교점은 두 개이며, 최소자승기법으로 구한 표적의 좌표를 두 개의 교점 중 하나에 매핑 (Mapping) 한다.

[0015] 또 다른 측면에 있어서, 두 개의 교점 중 매핑 대상이 되는 교점은 최소자승기법으로 계산된 판단한 표적의 위치와 가까운 곳에 있는 교점을 선택하는 것이다.

[0016] 또 다른 측면에 있어서, 슈도 모노-스테틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계에서는, 매핑된 좌표와 매핑되기 이전의 좌표 중에 송신기와 더 가까이 있는 좌표를 선택한다.

[0017] 이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 시스템에 있어서, 위치를 추정할 표적을 탐지하는 표적 탐지부; TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 위치 추정부; 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 오차 감축부; 및 슈도 모노-스테틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 위치 판별부를 포함하는 위치 추정 시스템이 제공된다.

[0018] 일측에 있어서, 위치 추정부는 이중분리 레이더 시스템의 수신기의 개수대로 원의 방정식을 얻고, 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 표적의 위치로 추정한다.

[0019] 또 다른 측면에 있어서, 표적의 위치는 원의 방정식을 행렬 방정식으로 변형하고, 행렬 방정식을 계산함으로써 추정한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따르면, 하드웨어적으로 큰 변경 없이 추가적인 소프트웨어 알고리즘에 의해 위치 추정 오차를 감소시킬 수 있다.

[0021] 또한, 발명이 제안하는 방법을 레이더 시스템 이외의 TOA를 활용한 위치 추정이 사용되는 모든 곳에 쉽게 적용한 시스템을 구축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서, 이중분리 레이더 시스템 모델을 도시한 것이다.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 있어서, 최소자승기법을 이용하여 표적의 위치를 추정할 때 나타날 수 있는 오차

를 도시한 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 있어서, 제안하고자 하는 위치 추정 방법의 각 단계를 도시한 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 있어서, 슈도 모노-스태틱 정보를 선택적으로 활용할 수 있는 일례를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 있어서, 슈도 모노-스태틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계의 알고리즘을 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 있어서, 위치 추정 시스템의 각 구성을 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 자세히 설명한다.
- [0024] 본 발명은 휴대폰 망을 기반으로 한 이중분리(Bi-static) 레이더 시스템에서 표적의 위치 추정 오차를 감소시키고 정확도를 향상 시켜서 보다 정밀한 위치 추정을 이루고자 한다. 이중분리 시스템에서 송신기의 전파가 표적에 도달한 후 전파의 산란이 발생하게 되고 이러한 전파는 수신기로 도달하게 된다. 이와 동시에 송신기로 다시 전파가 되돌아오게 되는데, 이 정보를 수신하여 정보를 얻게 되면, 이는 슈도 모노-스태틱(Pseudo Mono-static) 시스템으로 간주될 수 있으며, 언급된 환경에서 슈도 모노-스태틱 정보를 선택적으로 활용하여 알고자 하는 표적 위치 추정의 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 있어서, 도 1은 이중분리 레이더 시스템 모델을 도시한 것이다. 발명이 실시되는 이중분리 시스템 환경은 송신기(101)와 수신기(102)가 분리되어 있으며, 표적(103)을 탐지한 후, 표적(103)의 위치를 판단하게 된다. 본 발명을 실시하기 위한 이중분리 레이더 시스템은 하나의 송신기(101)와 셋 이상의 수신기(102)를 포함할 수 있다.
- [0026] 이하 인용되는 수학적식에서 송신기(101)와 수신기(102) 사이의 거리는 L , 송신기(101)와 표적(103) 사이의 거리는 R_T , 수신기(102)와 표적(103) 사이의 거리는 R_R 로 표시하며, R_T 와 R_R 사이의 각도, 즉 표적에서 신호가 반사되는 각도를 β 로 표시하여 나타낸다.
- [0027] 도 1의 송신기(101)와 수신기(102)는 자신의 위치를 인식하는 장치를 포함하며, 특히, 수신기에는 표적으로부터 반사되어 전달되는 신호의 입사각, 도 1의 θ_R 을 측정하는 장치가 함께 존재할 수 있다.
- [0028] 도 1에서 반사되어 들어오는 전파의 입사각인 수신기 룩킹 앵글(Looking Angle)과 송신기와 수신기 사이의 거리는 측정 장치에 의해 측정할 수 있다. 또한, TOA 기법을 사용하여 R_T+R_R 을 측정할 수 있다. 하지만 이 값들에는 오차가 생길 수 있고, 이는 최소자승기법을 이용하여 표적의 위치를 추정할 때 도 2와 같은 오차를 발생시킬 수 있다. 도 2의 오차는 측정에 의한 오차로, $R_T+R_R=100\text{km}$ 이며, $L=10\text{km}$ 일 때의 오차를 나타낸 것이다. 여기서 측정되는 오차로는 신호의 전체 이동 경로 측정오차, 송신단과 수신단 사이 거리의 측정오차, 수신단의 룩킹 앵글 측정 오차 등을 예로 들 수 있다.
- [0029] 도 3은 본 발명이 제안하는 위치 추정 방법의 흐름도를 도시한 것이다. 위치를 추정할 표적을 탐지하는 단계(310); TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계(320); 슈도 모노-스태틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계(330); 및 슈도 모노-스태틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계(340)를 포함하는 위치 추정 방법이 제공될 수 있다.
- [0030] 먼저, 단계(310)에 의해서, 핸드폰 기반 이중분리 레이더 시스템에서 위치를 추정할 표적이 탐지되었다 가정한다. 이때, 시스템 내의 송신기와 수신기 각각의 위치와 송신기와 수신기의 거리 L , 그리고 θ_R 을 함께 얻을 수 있다.
- [0031] 여기서, 최소자승기법 위치 추정 알고리즘에 대해 실시예를 들어 간략히 설명한다. TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 단계(320)에 해당하며, 이중분리 레이더 시스템의 수신기의 개수대로 원의 방정식을 얻고, 얻은 원의 방정식의 교점, 혹은 교차 영역 내의 한 점을 표적의 위치로 추정할 수 있

다.

[0032] 이렇게 평면상에서 표적의 위치를 추정하기 위해서는 1개의 기지국, 즉 송신기와 3개 이상의 수신기가 필요하다. 이때, 수신기의 중심좌표를 (x_i, y_i, z_i) 라고 하고 표적으로부터 수신기까지의 거리를 R_i 라고 하면, 이를 수학식 1과 같은 원의 방정식으로 표현할 수 있다.

수학식 1

[0033]
$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = R_i^2$$

[0034] 여기서, i 는 각 수신기의 번호를 의미하며, R_i 는 단계(310)에서 측정된 R_T+R_R 과 L , 그리고 θ_R 로부터 수학식 2와 같이 얻을 수 있다.

수학식 2

[0035]
$$R = \frac{(R_T + R_R)^2 - L^2}{2(R_T + R_R + L \cdot \sin\theta_R)}$$

[0036] 시스템 내에 주어진 n 개의 수신기로부터 n 개의 원 방정식을 얻을 수 있고, 이 원의 방정식의 교점 혹은 원이 겹치는 영역 내의 한 점이 추정좌표가 될 수 있다. 이를 구하기 위해 n 개의 원의 방정식을 변형하여 수학식 3과 같은 행렬 방정식을 얻을 수 있다.

수학식 3

[0037]
$$2A\hat{\delta}_{B_i} = b$$

수학식 4

[0038]
$$A = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 \\ \dots & \dots \\ x_n - x_1 & y_n - y_1 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} R_1^2 - R_2^2 + k_2 - k_1 \\ \dots \\ R_1^2 - R_n^2 + k_n - k_1 \end{bmatrix}$$

[0039] 수학식 3의 A 와 b 는 수학식 4에 나타냈으며, $\hat{\delta}_{B_i}$ 는 표적의 위치로 추정되는 추정좌표를 의미한다. 또한, 수학식 4의 k_i 는 기준점으로부터 수신기까지의 거리를 나타내는 것으로 수학식 5로 표현할 수 있다.

수학식 5

[0040]
$$k_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2$$

[0041] 수학식 3에서 행렬 A 는 정방행렬이 아닐 수도 있기 때문에, 슈도-인버스(Pseudo-Inverse)를 취함으로써 정방행

렬로 나타낼 수 있고, 수학식 6을 통해 표적의 위치 추정좌표 $\hat{\delta}_{Bi}$ 를 얻을 수 있다.

수학식 6

$$\hat{\delta}_{Bi} = \frac{1}{2}(A^T A)^{-1} A^T b = \begin{bmatrix} \hat{\delta}_{Bi}^x \\ \hat{\delta}_{Bi}^y \end{bmatrix}$$

[0042]

이렇게 TOA 기법으로 얻은 거리 정보를 이용하여 최소자승기법으로 표적의 위치를 우선적으로 얻을 수 있다.

여기서, $\hat{\delta}_{Bi}^x$ 과 $\hat{\delta}_{Bi}^y$ 는 각각 $\hat{\delta}_{Bi}$ 의 x와 y의 좌표를 나타낸다.

[0043]

단계(330)에서는 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄일 수 있는데, 최소자승기법으로 구한 표적의 좌표와 송신기의 좌표를 모두 지나는 직선과, 슈도 모노-스테틱 정보로서 구한 송신기와 표적 사이의 거리를 반지름으로 가지는 원의 교점을 구함으로써 가능하다.

[0044]

송신기의 좌표를 (P_{TX}^x, P_{TX}^y) 라고 하며, 슈도 모노-스테틱 환경에서 얻어지는 거리를 \hat{R}_T 라고 하면, 두 점을 지나는 직선의 방정식과 원의 방정식은 각각 수학식 7, 수학식 8로 표현 할 수 있다.

[0045]

수학식 7

$$y = \frac{\hat{\delta}_{Bi}^y - P_{TX}^y}{\hat{\delta}_{Bi}^x - P_{TX}^x} (x - P_{TX}^x) + P_{TX}^y$$

[0046]

수학식 8

$$(x - P_{TX}^x)^2 + (y - P_{TX}^y)^2 = \hat{R}_T^2$$

[0047]

슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 단계에서 구한 직선과 원의 교점은 두 개이며, 최소자승기법으로 구한 표적의 좌표를 두 개의 교점 중 하나에 매핑(Mapping) 할 수 있다.

[0048]

설명한 바와 같이, 수학식 7과 수학식 8의 교점은 다음 수학식 9와 같이 두 개의 해로 도출될 수 있다.

[0049]

수학식 9

$$x_1 = P_{TX}^x + \frac{\hat{R}_T}{\sqrt{coe}} \text{ or } x_2 = P_{TX}^x - \frac{\hat{R}_T}{\sqrt{coe}}$$

$$y_i = \frac{\hat{\delta}_{Bi}^y - P_{TX}^y}{\hat{\delta}_{Bi}^x - P_{TX}^x} (x_i - P_{TX}^x) + P_{TX}^y \quad (i = 1, 2)$$

$$coe = 1 + \left(\frac{\hat{\delta}_{prop}^y - P_{TX}^y}{\hat{\delta}_{prop}^x - P_{TX}^x} \right)^2$$

[0050]

[0051] 수학식을 통해 구한 두 개의 교점에서 적합한 하나의 해를 선택하여 최소자승기법으로 계산된 수학식 6의 결과 ($\hat{\delta}_{Bi}$)를 매핑할 수 있다. 이때, 선택된 하나의 해를 ($\hat{\delta}_{prop}^x, \hat{\delta}_{prop}^y$)로 나타낸다.

수학식 10

$$\hat{\delta}_{prop}^* = \underset{X \in \hat{\delta}_{prop}}{\operatorname{argmin}} |X - \hat{\delta}_{Bi}|$$

[0052]

[0053] 하나의 근을 선택할 때 하나의 근은 $\hat{\delta}_{Bi}$ 에 가까운 쪽에 다른 하나의 근은 $\hat{\delta}_{Bi}$ 로부터 먼 곳에 존재하게 되고, 따라서 수학식 10과 같이 $\hat{\delta}_{Bi}$ 와 두 개의 $\hat{\delta}_{prop}$ 와의 거리를 각각 비교하여 작은 것을 $\hat{\delta}_{prop}^*$ 로 채택할 수 있다. 다시 말해서, 최소자승기법으로 계산된 판단한 표적의 위치와 가까운 곳에 있는 교점을 선택하여 매핑하는 것이다. 여기서 $\hat{\delta}_{prop}^*$ 는 최종적으로 선택된 하나의 교점을 의미한다.

[0054] 하지만 수학식 11을 통해 구한 $\hat{\delta}_{prop}^*$ 가 항상 $\hat{\delta}_{Bi}$ 보다 정확한 것은 아니다. 이에 대한 일례로 도 4를 참고할 수 있다.

[0055] 도 4는 슈도 모노-스테틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 선택적으로 이용할 수 있는 일례를 도시한 것으로, 한 개의 송신기와 세 개의 수신기가 존재하며, 송신기가 Reference 신호(401)를 표적에 전송하면 한 개의 송신기와 세 개의 수신기는 표적으로부터 반사 신호(402)를 수신할 수 있다. 여기서, 슈도 모노-스테틱 정보를 사용할 때의 표적으로 추정될 수 있는 원의 궤적(403) 상에 최소자승기법을 통해 우선적으로 얻은 표적의 추정좌표(404)를 매핑하여 발명에서 제안하는 방식 기반의 추정좌표(405)를 구할 수 있다.

[0056] 추정좌표(404)가 원의 궤적(403)의 바깥쪽에 존재한다면 발명에서 제안하는 방식 기반의 매핑된 추정좌표(405)가 더 오차가 적을 수 있지만, 이와 반대로 추정좌표(404)가 원의 궤적(403) 안쪽에 존재한다면, 원의 궤적(403)으로 매핑함으로써 오차가 더 커질 가능성이 존재한다.

[0057] 따라서, 슈도 모노-스테틱 정보와 상기 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 단계(340)에서는 매핑된 좌표와 매핑되기 이전의 좌표 중에 송신기와 더 가까이 있는 좌표를 선택함으로써 표적의 추정좌표의 오차를 줄일 수 있다.

[0058] 이러한 단계를 도 5의 알고리즘을 통해 살펴볼 수 있다. 매핑되는 교점을 선택하는 것의 연속으로 간주하여 설명한다.

[0059] 최소자승기법으로 계산된 판단한 표적의 위치와 가까운 곳에 있는 교점을 선택하여 매핑된 추정좌표 $\hat{\delta}_{prop}^*$ 와 매

평되기 이전의 추정좌표, 즉 최소자승기법을 통해 우선적으로 얻은 표적의 추정좌표 $\hat{\delta}_{Bi}$ 중에 송신기와 더 가까이 있는 좌표를 선택할 수 있다. 이는, 송신기에서 $\hat{\delta}_{Bi}$ 점까지의 거리가 $\hat{\delta}_{pro}$ 점까지의 거리보다 짧은 경우 오히려 오차를 증가시킬 수 있는 가능성이 있기에, 수학적 식 11과 같이 각 점까지의 거리를 비교하여 더욱 적합한 해를 판별할 수 있다.

수학적 식 11

$$Y = R_{\hat{\delta}_{Bi}} - \hat{R}_T$$

[0060]

[0061] 여기서, $R_{\hat{\delta}_{Bi}}$ 는 송신기에서 $\hat{\delta}_{Bi}$ 점까지의 거리를 의미한다. 도 5의 알고리즘을 참고하여 설명하면, 구해진 Y가 0보다 큰 경우, 즉 \hat{R}_T 가 더 송신기에 가까운 경우에는 표적의 최종 추정 위치로 $\hat{\delta}_{pro}$ 점을 택할 수 있으며, 반대로 Y가 0보다 작은 경우, 즉 $R_{\hat{\delta}_{Bi}}$ 가 더 송신기에 가까운 경우에는 표적의 최종 추정 위치로 $\hat{\delta}_{Bi}$ 점을 택할 수 있다. 이렇게 최종 위치를 판별함으로써 이중분리 레이더 시스템에서 위치 추정의 오차를 최소화할 수 있다.

[0062] 이중분리 레이더 시스템의 위치 추정 시스템(600)에 있어서, 위치를 추정할 표적을 탐지하는 표적 탐지부(610); TOA(Time of Arrival) 기반의 최소자승기법으로 표적의 위치를 판단하는 위치 추정부(620); 슈도 모노-스테틱 정보를 이용하여 판단한 표적의 위치의 추정 오차를 줄이는 오차 감축부(630); 및 슈도 모노-스테틱 정보와 이중분리 시스템의 정보를 비교하여 표적의 위치를 최종적으로 판별하는 위치 판별부(640)를 포함하는 위치 추정 시스템(600)이 제공될 수 있다.

[0063] 상기의 위치 추정 시스템(600)은 본 발명에서 제안하는 도 3의 위치 추정 방법을 실시할 수 있는 시스템으로서, 시스템의 각 구성은 위치 추정 방법의 각 단계(310~340)를 순차적으로 수행함으로써 휴대폰 망을 기반으로 하는 이중분리 레이더 시스템에서의 위치 추정 오차를 최소화하여 보다 정확한 위치 추정을 실행할 수 있다.

[0064] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(Magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(Optical media), 플롭티컬 디스크(Floptical disk)와 같은 자기-광 매체(Magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0065] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등한 것들에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0066] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

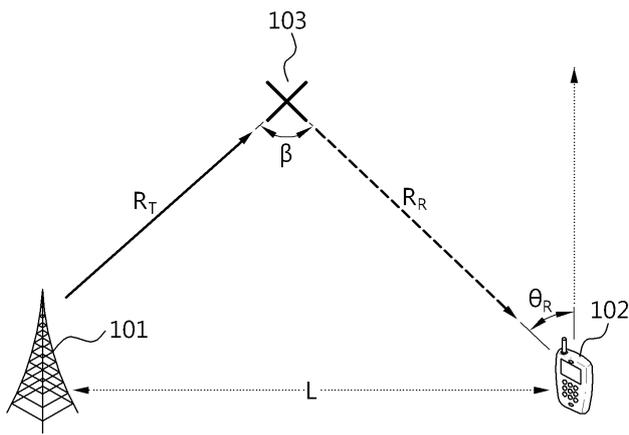
부호의 설명

[0067] 101: 송신기

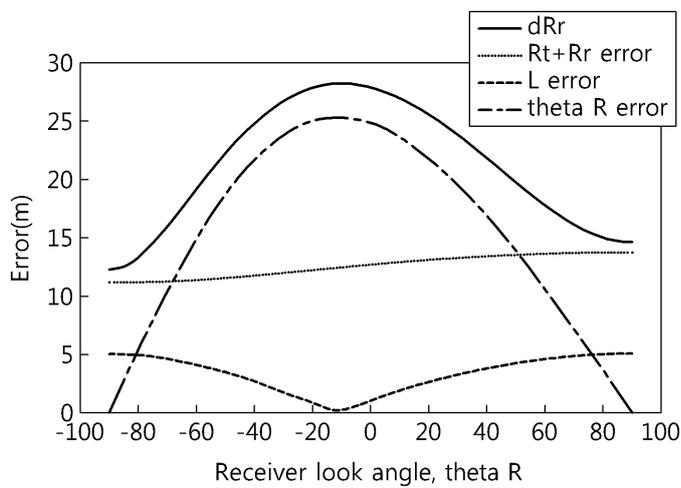
- 102: 수신기
- 103: 표적
- 600: 위치 추정 시스템
- 610: 표적 탐지부
- 620: 위치 추정부
- 630: 오차 감측부
- 640: 위치 판별부

도면

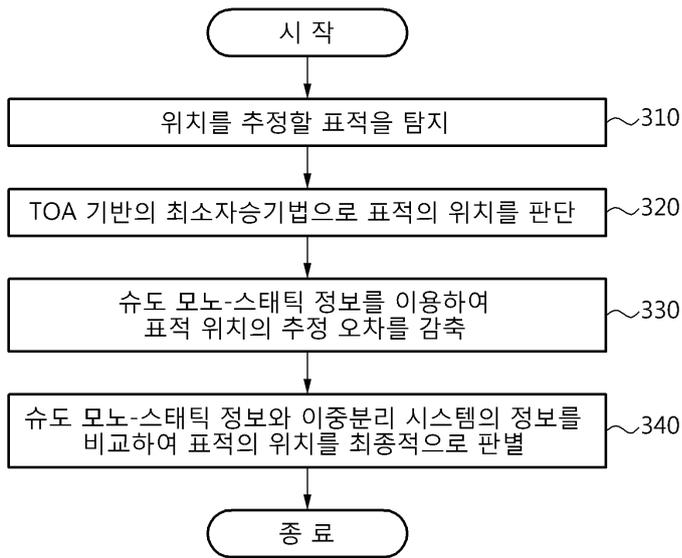
도면1



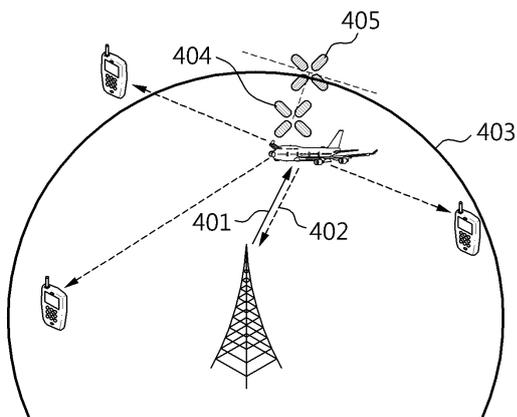
도면2



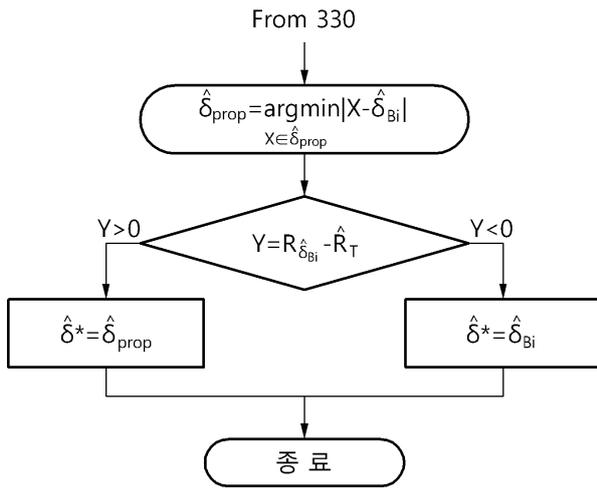
도면3



도면4



도면5



도면6

