(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0118341
(43) 공개일자 2019년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 13/00 (2006.01) *G01S 13/50* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01S 13/003 (2013.01)
G01S 13/50 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0041555
(22) 출원일자 2018년04월10일
심사청구일자 2018년04월10일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
신혁수
경기도 부천시 범안로 20, 114동 2601호(옥길호반베르디움)
정원주
서울특별시 강남구 삼성로64길 5, 107동 302호
(74) 대리인
김홍석

전체 청구항 수 : 총 6 항

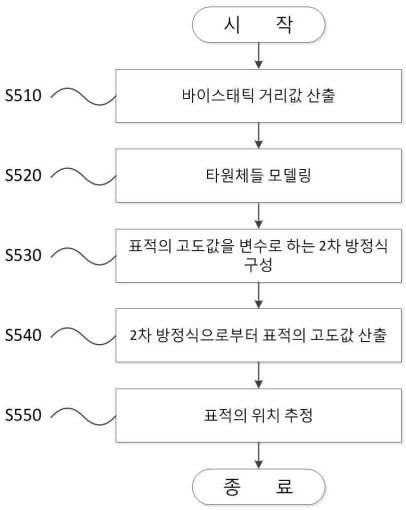
(54) 발명의 명칭 **확장된 타원체 맞춤을 이용한 분산 MIMO 레이더를 위한 표적위치 추정방법**

(57) 요 약

표적위치 추정방법이 개시된다. 상기 표적위치 추정방법은 (a) 송신기들로부터 표적을 경유한 수신기들까지의 거리값인 바이스태틱 거리값(bistatic range)을 장축으로 하고, 상기 송·수신기들의 3차원 좌표값을 초점으로 하는 타원체들을 모델링하고, 상기 모델링된 타원체들에 관한 타원체 방정식을 구성하는 단계,

(b) 상기 구성된 각각의 타원체들에 대한 타원체 방정식을 모두 더하여 표적의 고도값을 변수로 하는 2차 방정식을 구성하는 단계, 및 (c) 상기 구성된 2차 방정식으로부터 상기 표적의 고도값을 산출하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도4



명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 송신기들로부터 표적을 경유한 수신기들까지의 거리값인 바이스태틱 거리값(bistatic range)을 장축으로 하고, 상기 송·수신기들의 3차원 좌표값을 초점으로 하는 타원체들을 모델링하고, 상기 모델링된 타원체들에 관한 타원체 방정식을 구성하는 단계;

(b) 상기 구성된 각각의 타원체들에 대한 타원체 방정식을 모두 더하여 표적의 고도값을 변수로 하는 2차 방정식을 구성하는 단계; 및

(c) 상기 구성된 2차 방정식으로부터 상기 표적의 고도값을 산출하는 단계를 포함하는 표적위치 추정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는

상기 표적의 x,y 좌표값을 입력받는 단계를 더 포함하는 표적위치 추정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 바이스태틱 거리값은 상기 수신된 반사 신호의 전파 지연시간에 상기 수신된 반사 신호의 전파 속도를 곱하여 산출되는 표적위치 추정방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는

상기 모델링된 타원체들의 교점으로부터 상기 표적의 x,y 좌표값을 구하는 단계를 더 포함하는 표적위치 추정방법.

청구항 5

제2항 또는 제4항에 있어서,

(d) 상기 표적의 x,y 좌표값 및 상기 산출된 표적의 고도값을 이용하여 상기 표적의 위치를 추정하는 단계를 더 포함하는 표적위치 추정방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계는

상기 표적의 위치의 변화량에 따라 상기 모델링되는 타원체들의 개수를 조절하는 표적위치 추정방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 표적위치 추정방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 분산 MIMO 레이더의 표적위치 추정에 있어서 확장된 타원체 맞춤 기법을 이용하여 표적의 위치를 추정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 분산 MIMO(Multi-Input Multi-Output) 레이더 시스템은 무지향성 송수신기 안테나들이 표적에 대하여 분산적으로 배치되어 있는 시스템으로서, 분산 배치를 통해 얻어지는 공간의 다양성으로 인해 표적 탐지 및 추적 성능 향상 가능성을 보여 최근 군수 및 민수 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다.

[0003] 특히, 표적의 위치추정 연구와 관련하여 분산 MIMO 레이더 시스템에서는 분산 배치된 무지향성 안테나들을 사용하기 때문에 도래각 추정이 불가능하므로, 이를 대신하여 전파 지연시간 정보를 이용한 연구가 주를 이루었다.

[0004] 이와 관련하여 대표적인 위치추정 방법으로는 각 송신기에서 얻어진 전파 지연시간의 차이를 이용하여 선형 행렬식을 구성하고 선형 최소제곱기법을 통해 표적의 위치를 추정하는 LS기법과 전파 지연시간 정보에서 비선형성을 유발하는 항들을 독립 매개변수로 취급하여 선형 행렬식을 구성하고 선형 최소제곱기법을 통해 표적의 위치를 추정하는 BRM 기법이 있다.

[0005] 그러나, 상기 두 기법의 경우 안테나들이 유사한 고도를 가지는 이른바 지상 안테나 기반 시스템에서는 표적의 고도 추정 성능이 현저하게 저하되는 문제를 보였으며, 특히 모든 송수신기 안테나들의 고도가 같은 완벽한 지상 안테나 기반 시스템에서는 고도 추정에 실패하는 모습을 나타내는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 기존의 LS 기법이나 BRM 기법이 아닌 확장된 타원체 맞춤 기법을 이용하여 지상 안테나 기반의 시스템뿐만 아니라, 완벽한 지상 안테나 기반의 시스템에서도 정확하게 표적의 고도 추정이 가능한 표적위치 추정방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법은 (a) 송신기들로부터 표적을 경유한 수신기들까지의 거리값인 바이스태틱 거리값(bistatic range)을 장축으로 하고, 상기 송·수신기들의 3차원 좌표값을 초점으로 하는 타원체들을 모델링하고, 상기 모델링된 타원체들에 관한 타원체 방정식을 구성하는 단계,

[0008] (b) 상기 구성된 각각의 타원체들에 대한 타원체 방정식을 모두 더하여 표적의 고도값을 변수로 하는 2차 방정식을 구성하는 단계, 및 (c) 상기 구성된 2차 방정식으로부터 상기 표적의 고도값을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 지상 안테나 기반의 시스템뿐만 아니라, 완벽한 지상 안테나 기반의 시스템에서도 표적의 고도를 정확하게 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 MIMO 레이더 시스템을 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정장치의 블록도이다.

도 3은 모델링된 타원체들을 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법의 순서도이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법이 적용될 수 있는 송·수신기들의 배치도를 도시한 것이다.

도 5b는 도 5a에 도시된 송·수신기들의 고도 표준편차에 따른 각 표적위치 추정방법의 성능을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.

[0012] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0013] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0014] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0015] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 MIMO 레이더 시스템을 도시한 것이다.

[0019] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 분산 MIMO(Distributed multi-input multi-output) 레이더 시스템(1)은 지리적으로 분산 배치되는 M개의 송신기들, N개의 수신기들(이때, M과 N은 자연수임)을 포함한다. 이때, 각 송신기들은 기지국과 유·무선으로 연결되는 안테나를 의미하고, 각 수신기들은 기지국들로부터 신호를 수신하는 단말기와 유·무선으로 연결되는 안테나를 의미할 수 있다. 한편, 3차원 좌표상의 송신기들의 위치는 $X_t(m) = [x_t(m), y_t(m), z_t(m)]^T$ 이고, 수신기들의 위치는 $X_r(n) = [x_r(n), y_r(n), z_r(n)]^T$ 으로 나타내어질 수 있다.(여기서, m은 1, 2, ... , M이고, n은 1, 2, ... , N이다.)

[0020] 본 명세서에서 기재된 안테나는 목표로 하는 단말기 이외의 단말기를 향해서도 송신 신호를 송출할 수 있는 무지향성 안테나를 포함할 수 있다.

[0021] 다수의 안테나를 포함하는 기지국은 통신 서비스가 제공되는 지리적 영역인 셀을 관장하며, 셀 내 단말기에 무선 통신을 지원한다. 기지국은 기저대역 신호 처리 기능을 수행하며, 셀 내 단말기와 송·수신을 위한 무선 자

원 할당 기능을 수행할 수 있다.

[0022] 한편, 기지국은 진보된 기지국(advanced base station, ABS), 고신뢰성 기지국(high reliability base station, HR-BS), 노드B(node B), 고도화 노드B(evolved node B, eNodeB), 접근점(access point, AP), 무선 접근국(radio access station, RAS), 송수신 기지국(base transceiver station, BTS), MMR(mobile multihop relay)-BS, 기지국 역할을 수행하는 중계기(relay station, RS), 기지국 역할을 수행하는 중계 노드(relay node, RN), 기지국 역할을 수행하는 진보된 중계기(advanced relay station, ARS), 기지국 역할을 수행하는 고신뢰성 중계기(high reliability relay station, HR-RS), 소형 기지국 등을 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 단말기는 이동 단말(mobile terminal, MT), 이동국(mobile [0025] station, MS), 진보된 이동국(advanced mobile station, AMS), 고신뢰성 이동국(high reliability mobile station, HR-MS), 가입자국(subscriber station, SS), 휴대 가입자국(portable subscriber station, PSS), 접근 단말(access terminal, AT), 사용자 장비(user equipment, UE) 등을 포함할 수 있다.

[0024] 한편 분산 MIMO 레이더 시스템(1)에 포함된 각 수신기들은 도 1에 도시된 표적의 위치인 $X_o = [x_o, y_o, z_o]^T$를 추정하기 위한 바이스태틱 거리(Bistatic Range, BR)에 대한 정보를 얻기 위하여 송신기들로부터 송출된 신호가 표적으로부터 반사된 반사 신호를 수신한다. 이때, 바이스태틱 거리란 도 1에 도시된 바와 같이 송신기들로부터 표적을 경유한 수신기들까지의 거리로서, 이에 대한 자세한 설명은 후술하기로 한다.

[0026] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정장치의 블록도이다.

[0027] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정장치(10)는 입력부, BR 산출부(200), 모델링부(300), 고도 산출부(400) 및 위치 추정부(500)를 포함한다.

[0028] 입력부(100)는 수신기들로부터 송신기들로부터 송출된 신호가 표적으로부터 반사된 반사 신호에 대한 데이터를 입력받는다. 또한, 후술할 위치 추정부(500)에 의해 산출되는 표적의 x,y 좌표값과는 별도로 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치추정 방법 외에 다른 위치추정 방법이나 알고리즘을 통해 추정된 표적의 x,y 좌표값(예를 들어, LS 기법이나 BRM 기법을 이용하여 추정된 표적의 x,y 좌표값)을 입력받을 수도 있다.

[0029] BR 산출부(200)는 수신기들로부터 입력받은 반사 신호에 대한 데이터를 이용하여 바이스태틱 거리값을 산출한다. 보다 구체적으로, 바이스태틱 거리값은 앞서 설명한 바와 같이 송신기들로부터 표적을 경유한 수신기들까지의 거리로서, 아래의 수학식 1과 같이 송신기들로부터 표적까지의 거리와 표적으로부터 수신기들까지의 거리의 합으로 표현될 수 있다.

수학식 1

[0030] $$r_{mn} = \| X_o - X_t(m) \| + \| X_o - X_r(n) \|$$

[0031] 여기서, r_{mn}은 제1 거리값, $\| X_o - X_t(m) \|$는 송신기들로부터 표적까지의 거리값(이하, 제2 거리값), $\| X_o - X_r(n) \|$은 표적으로부터 수신기들까지의 거리값이다.

[0032] BR 산출부(200)는 이러한 바이스태틱 거리값을 수신된 반사 신호의 전파 지연시간에 수신된 반사 신호의 전파 속도를 곱하여 산출한다. 한편, 수신된 반사 신호에 노이즈가 존재하는 경우, 노이즈를 반영한 바이스태틱 거리값은 아래의 수학식 2에 의해 산출될 수 있다.

수학식 2

[0033] $$\hat{r}_{mn} = r_{mn} + \epsilon_{mn}$$

[0034] 여기서, $\hat{r}_{mn}$은 노이즈가 반영된 제1 거리값, ϵ_{mn}은 백색 잡음이다.

[0035] 위와 같이 BR 산출부(200)를 통해 산출된 바이스태틱 거리값 또는 노이즈가 반영된 바이스태틱 거리값은 모델링부(300)에서 타원체들을 모델링하는데 이용된다.

[0036] 모델링부(300)는 BR 산출부(200)를 통하여 산출된 바이스태틱 거리값을 이용하여 타원체들을 모델링한다. 보다 구체적으로, 모델링부(300)는 바이스태틱 거리값을 장축으로 하고, 송·수신기들의 3차원 좌표값을 초점으로 하는 타원체들을 아래의 수학식 3에 의해 모델링한다.

수학식 3

[0037] $$r_{mn}^2 \| X_t(m) \|^2 - p_{mn}^2 = (\bar{x}_{mn}^2 - r_{mn}^2)x_o^2 + (\bar{y}_{mn}^2 - r_{mn}^2)y_o^2 + (\bar{z}_{mn}^2 - r_{mn}^2)z_o^2$$
$$+2(p_{mn}\bar{x}_{mn} + r_{mn}^2 x_t(m))x_o + 2(p_{mn}\bar{y}_{mn} + r_{mn}^2 y_t(m))y_o + 2(p_{mn}\bar{z}_{mn} + r_{mn}^2 z_t(m))z_o$$
$$+2\bar{x}_{mn}\bar{y}_{mn}x_o y_o + 2\bar{y}_{mn}\bar{z}_{mn}y_o z_o + 2\bar{z}_{mn}\bar{x}_{mn}z_o x_o$$

[0038] 여기서, $p_{mn} := \frac{1}{2}(r_{mn} + \| X_t(m) \|^2 - \| X_r(n) \|^2)$ 이고, $\bar{X}_{mn} = [\bar{x}_{mn}, \bar{y}_{mn}, \bar{z}_{mn}]^T = X_r(n) - X_t(m)$ 이다.

[0039] 여기서, 모델링부(300)가 타원체들을 모델링하는 것은 상기 수학식 3에 해당하는 타원체 방정식을 구성하는 것을 의미할 수 있다.

[0040] 모델링된 타원체들을 도시한 도 3을 참조하면, 하나의 송신기와 두 개의 수신기가 있는 레이더 시스템(1)에서 송신기로부터 표적을 경유한 수신기까지의 거리인 바이스태틱 거리값을 장축으로 하고, 송·수신기들의 좌표값을 초점으로 하는 2개의 타원체가 모델링된 것을 알 수 있다. 즉, 모델링되는 타원체들의 개수는 송·수신기들의 개수의 곱(M x N)으로 결정되며, 이에 따라 구성되는 타원체 방정식의 개수 또한 송·수신기들의 개수의 곱(M x N)으로 결정될 수 있다.

[0041] 한편, 모델링부(300)는 표적위치의 실시간 변화량에 따라 상기 모델링되는 타원체들의 개수를 조절할 수도 있다. 표적위치의 실시간 변화량은 예를 들어, 기 설정된 단위 시간 구간당 표적위치의 변화량을 의미할 수 있다. 만일 표적위치의 실시간 변화량이 기 설정된 임계값 보다 작으면 표적위치의 변동 폭이 크지 않다는 것을 의미하므로, 레이더 시스템(1)에 포함된 모든 송·수신기들 중에서 일부 송·수신기들을 임의로 선택하여 선택된 송·수신기들에 대하여만 타원체 모델링을 수행할 수도 있다.(이때, 모델링되는 타원체들의 개수는 M x N개보다 작을 수 있다.)

[0042] 고도 산출부(400)는 모델링부(300)를 통해 모델링된 타원체들을 이용하여 표적의 고도값을 산출한다. 보다 구체적으로, 고도 산출부(400)는 우선 모델링부(300)를 통해 구성된 각각의 타원체들에 대한 타원체 방정식을 모든 m,n에 대하여 더하여 표적의 고도값($\hat{z}_o$)을 변수로 하는 아래의 수학식 4와 같은 2차 방정식을 구성한다.

수학식 4

[0043] $$h_z(D_{X_o}, \hat{x}_o, \hat{y}_o) = f_z(D_{X_o})\hat{z}_o^2 + 2g_z(D_{X_o}, \hat{x}_o, \hat{y}_o)\hat{z}_o$$

[0044] 여기서, $D_{X_o} := \{r_{mn}, X_t(m), X_r(n) | m = 1, \cdots, M, n = 1, \cdots, N\}$ 으로서 바이스태틱 거리값과 송·수신기들의 좌표값으로 구성된 데이터들의 집합을 의미하고,

[0045] $$h_z(D_{X_o}, \hat{x}_o, \hat{y}_o) = \sum_{m,n}[r_{mn}^2 \| X_t(m) \|^2 - p_{mn}^2 - (\bar{x}_{mn}^2 - r_{mn}^2)\hat{x}_o^2 - (\bar{y}_{mn}^2 - r_{mn}^2)\hat{y}_o^2$$
$$-2(p_{mn}\bar{x}_{mn} + r_{mn}^2 x_t(m))\hat{x}_o - 2(p_{mn}\bar{y}_{mn} + r_{mn}^2 y_t(m))\hat{y}_o - 2\bar{x}_{mn}\bar{y}_{mn}\hat{x}_o\hat{y}_o]$$ 이고,

$f_z(D_{X_o}) = \sum_{m,n}(\bar{z}_{mn}^2 - r_{mn}^2)$ 이고,

[0046] $$g_z(D_{X_o},\hat{x_o},\hat{y_o})=\sum_{m,n}[2(p_{mn}\bar{z}_{mn}+r_{mn}^2 z_t(m))+2\bar{y}_{mn}\bar{z}_{mn}\hat{y}_o+2\bar{z}_{mn}\bar{x}_{mn}\hat{x}_o]$$ 으로서 상기 수학식 4에서 변수인 표적의 고도값($\hat{z}_o$)에 대한 각 계수들을 의미한다.

[0047] 다음으로, 고도 산출부(400)는 상기 구성된 2차 방정식으로부터 아래의 수학식 5에 해당하는 2차 방정식의 해를 계산하여 표적의 고도값을 산출한다.

수학식 5

[0048] $$\hat{z}_o=\sqrt{\frac{h_z(D_{X_o},\hat{x}_o,\hat{y}_o)}{f_z(D_{X_o})}+\left(\frac{g_z(D_{X_o},\hat{x}_o,\hat{y}_o)}{f_z(D_{X_o})}\right)^2}-\frac{g_z(D_{X_o},\hat{x}_o,\hat{y}_o)}{f_z(D_{X_o})}$$

[0049] 여기서, $\hat{z}_o$는 표적의 고도값이다.

[0050] 한편, 상기 수학식 5를 통해 표적의 고도값을 산출하는데 이용되는 표적의 x,y 좌표값($\hat{x}_o$, $\hat{y}_o$)은 입력부(100)를 통하여 입력된 값이거나, 후술할 위치 추정부(500)에 의해 산출되는 값일 수 있다.

[0051] 즉, 고도 산출부(400)는 모델링부(300)를 통하여 모델링된 타원체들 각각에 대한 타원체 방정식을 모든 m,n에 대하여 더하여 상기 수학식 4와 같은 표적의 고도값($\hat{z}_o$)을 변수로 하는 2차 방정식을 구성하고, 구성된 2차 방정식의 해를 표적의 고도값으로서 산출한다.

[0052] 위치 추정부(500)는 입력부(100)를 통하여 입력된 표적의 x,y 좌표값($\hat{x}_o$, $\hat{y}_o$)과 고도 산출부(400)를 통하여 산출된 표적의 고도값($\hat{z}_o$)을 이용하여 표적의 위치를 $\hat{X}_o=[\hat{x}_o,\hat{y}_o,\hat{z}_o]^T$와 같이 추정한다.

[0053] 한편, 일 실시 예에 따른 위치 추정부(500)는 모델링부(300)를 통하여 모델링된 타원체들의 교점으로부터 표적의 x,y 좌표값을 산출하여 산출된 값으로부터 표적의 위치를 추정할 수도 있다.

[0054] 보다 구체적으로, 위치 추정부(500)는 모델링된 타원체들의 교점을 구하기 위해 상기 수학식 3을 표적의 위치와 관련된 변수(x_o^2, y_o^2, z_o^2, x_o, y_o, z_o, x_oy_o, y_oz_o, z_ox_o)들을 매개변수로 하는 선형 방정식으로 구성한다. 구성된 선형 방정식은 아래의 수학식 6과 같다.

수학식 6

[0055] $$Y_{EF}=H_{EF}X_{EF}$$

[0056] 여기서, $X_{EF}=[x_o^2,y_o^2,z_o^2,x_o,y_o,z_o,x_oy_o,y_oz_o,z_ox_o]^T$ 이고,

[0057] $$Y_{EF}=\frac{1}{2}\begin{bmatrix} r_{11}^2\parallel X_t(1)\parallel^2-p_{11}^2 \\ \vdots \\ r_{MN}^2\parallel X_t(M)\parallel^2-p_{MN}^2\end{bmatrix}$$ 이고,

[0058] $H_{EF}=[H_1\ H_2\ H_3]$ 이다.

[0059] 이때, H_{EF}의 보조행렬 $$H_1=\begin{bmatrix}(\bar{x}_{11}^2-r_{11}^2) & (\bar{y}_{11}^2-r_{11}^2) & (\bar{z}_{11}^2-r_{11}^2)\\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (\bar{x}_{MN}^2-r_{MN}^2) & (\bar{y}_{MN}^2-r_{MN}^2) & (\bar{z}_{MN}^2-r_{MN}^2)\end{bmatrix}$$ 이고,

[0060] $$H_2 = \begin{bmatrix} (p_{11}\bar{x}_{11} + r_{11}^2 x_t(1)) & (p_{11}\bar{y}_{11} + r_{11}^2 y_t(1)) & (p_{11}\bar{z}_{11} + r_{11}^2 z_t(1)) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (p_{MN}\bar{x}_{MN} + r_{MN}^2 x_t(M)) & (p_{MN}\bar{y}_{MN} + r_{MN}^2 y_t(M)) & (p_{MN}\bar{z}_{MN} + r_{MN}^2 z_t(M)) \end{bmatrix}$$ 이고,

[0061] $$H_3 = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11}\bar{y}_{11} & \bar{y}_{11}\bar{z}_{11} & \bar{z}_{11}\bar{x}_{11} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_{MN}\bar{y}_{MN} & \bar{y}_{MN}\bar{z}_{MN} & \bar{z}_{MN}\bar{x}_{MN} \end{bmatrix}$$ 이다.

[0062] 다음으로, 상기 수학식 6에 의해 정의되는 선형 방정식의 해를 구하기 위해 잔차의 제곱이 최소가 되도록 하는 최소자승법(Least Square method)을 이용한다. 최소자승법은 일반적으로 널리 알려진 기법이므로, 이에 대한 자세한 설명은 생략하기로 한다. 최소자승법을 이용하여 얻어진 상기 선형 방정식의 해는 아래의 수학식 7과 같다.

수학식 7

[0063] $$\hat{X}_{EF} = (H_{EF}^T H_{EF})^{-1} H_{EF}^T Y_{EF}$$

[0064] 이때, 선형 방정식의 해인 $\hat{X}_{EF}$의 네 번째 원소는 표적의 x 좌표값($\hat{x_0}$)이며, 다섯 번째 원소는 표적의 y 좌표값($\hat{y_0}$)이다. 즉, 위치 추정부(500)는 상기 수학식 6에 의해 정의되는 선형 방정식 풀이를 통하여 타원체들의 교점을 구하고, 교점에 해당하는 선형 방정식의 해 중에서 표적의 x,y 좌표값에 해당하는 값을 구하여 이를 이용하여 표적의 위치를 추정할 수 있다.

[0065] 또한, 고도 산출부(400)는 입력부(100)를 통해 입력받는 표적의 x,y 좌표값 대신에 위치 추정부(500)를 통해 산출된 표적의 x,y 좌표값을 표적의 고도값을 산출하는데 이용할 수 있다.

[0066] 여기에, 저장부(미도시)를 더 포함할 수 있다. 저장부(미도시)는 송신기들로부터 송출된 신호가 표적으로부터 반사된 반사 신호에 대한 데이터, 입력부를 통하여 입력받은 표적의 x,y 좌표값, 송·수신기들에 대한 데이터(예를 들어, 송·수신기들의 3차원 좌표값 등) 및 BR 산출부(200), 모델링부(300), 고도 산출부(400) 및 위치 추정부(500)를 통해 연산된 결과값을 저장한다.

[0068] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법의 순서도이다. 이하에서는 앞서 설명한 부분과 중복되는 부분에 대한 기재는 생략하기로 한다.

[0069] S510 단계는 반사 신호의 전파 지연시간에 반사 신호의 전파 속도를 곱하여 바이스태틱 거리값을 산출하는 단계이다. 한편, S510 단계는 표적의 고도값을 산출하는 단계에서 사용하기 위하여 본 발명의 일 실시 예에 따른 위치추정 방법 외에 다른 위치추정 방법이나 알고리즘을 통해 추정된 표적의 x,y 좌표값을 입력받는 단계를 더 포함할 수도 있다.

[0070] S520 단계는 S510 단계에서 산출된 바이스태틱 거리값을 장축으로 하고, 송·수신기들의 3차원 좌표값을 초점으로 하는 타원체들을 모델링하는 단계이다. S520 단계를 통해 모델링되는 타원체들의 개수는 송·수신기들의 개수에 따라 결정된다. 또한, 표적위치의 실시간 변화량에 따라 상기 모델링되는 타원체들의 개수를 조절하여 모델링을 수행할 수도 있다.

[0071] 여기에, S520 단계는 모델링된 타원체들로부터 표적의 위치와 관련된 변수(x_o^2, y_o^2, z_o^2, x_o, y_o, z_o, $x_o y_o$, $y_o z_o$, $z_o x_o$)들을 매개변수로 하는 선형 방정식을 구성하고, 구성된 선형 방정식을 최소자승법을 이용하여 모델링된 타원체들의 교점인 선형 방정식의 해로부터 표적의 x,y 좌표값을 구하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0072] S530 단계는 S520 단계를 통하여 모델링된 타원체들 각각에 대한 타원체 방정식을 모든 m,n에 대하여 더하여 표적의 고도값($\hat{z_o}$)을 변수로 하는 2차 방정식을 구성하는 단계이다.

[0073] S540 단계는 S530 단계를 통하여 구성된 2차 방정식의 해를 계산하여 표적의 고도값을 산출하는 단계이다. 이때, 표적의 고도값을 산출하기 위하여 이용되는 표적의 x,y 좌표값은 S510 단계에서 추가로 포함될 수 있는 단계를 통해 입력받은 값이거나, S520 단계에서 추가로 포함될 수 있는 단계를 통해 구해진 값일 수 있다.

[0074] S550 단계는 S540 단계를 통해 산출된 고도값과 S510 단계에서 추가로 포함될 수 있는 단계를 통해 입력받은 값 및/또는 S520 단계에서 추가로 포함될 수 있는 단계를 통해 구해진 값을 이용하여 표적의 위치를 추정한다.

[0076] 도 5a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법이 적용될 수 있는 송·수신기들의 배치도를 도시한 것이고, 도 5b는 도 5a에 도시된 송·수신기들의 고도 표준편차에 따른 각 표적위치 추정방법의 성능을 도시한 것이다.

[0077] 도 5a, 5b를 참조하면, 도 5a와 같이 배치된 송·수신기들이 포함된 분산 MIMO 레이더 시스템(1)에서 송·수신기들의 고도 표준편차에 따라 기존의 기법(LS 기법, BRM기법)과 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법에 따른 표적의 고도값을 산출하고, 산출된 고도값에 대하여 성능을 평가하였다. 성능 평가에 있어서, 바이스태틱 거리(BR) 측정 에러의 표준편차는 10m로 설정하였다.

[0078] 성능 평가에 사용된 지표는 평균거리오차로서, 아래의 수학식 8과 같다.

수학식 8

[0079] $$err_z = \sqrt{\frac{1}{N_r}\sum_{i=1}^{N_r}(z_o - \hat{z}_o(i))^2}$$

[0080] 여기서, N_r은 몬테카를로 시행 횟수이고, $\hat{z}_o(i)$는 i번째 몬테카를로 시행의 결과에서 얻어진 표적의 고도값을 의미한다.

[0081] 도 5b는 확인할 수 있듯이 송·수신기들의 고도 표준 편차가 줄어들수록(즉, 완벽한 지상 안테나 기반 시스템에 가까워질수록) 기존의 고도값 추정 기법들인 LS 기법과 BRM 기법은 추정된 고도값에 대하여 거리오차가 발생하는 반면에, 본 발명의 일 실시 예에 따른 표적위치 추정방법의 경우 고도 표준편차와 관계없이 안정된 추정 성능을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

[0082] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0083] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매

체에 저장될 수 있다.

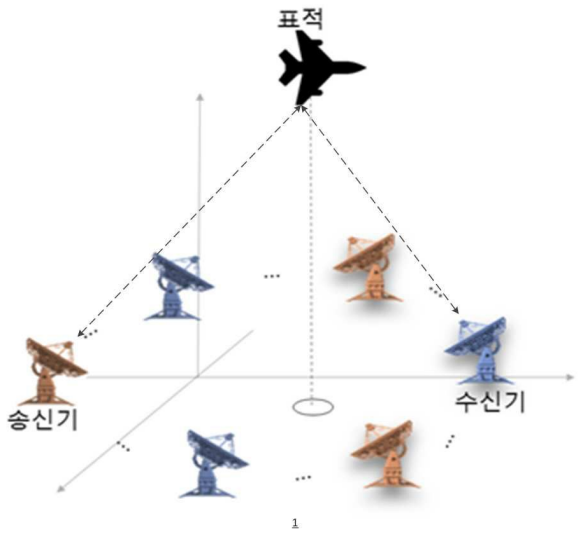
[0084] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0085] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 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 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

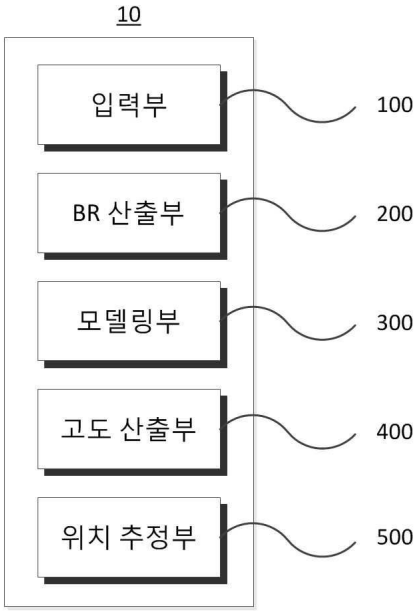
[0086] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

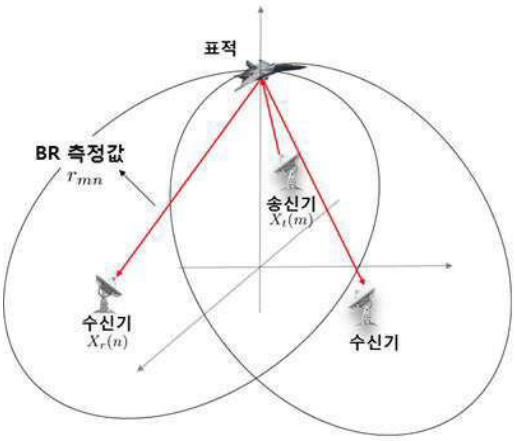
도면1



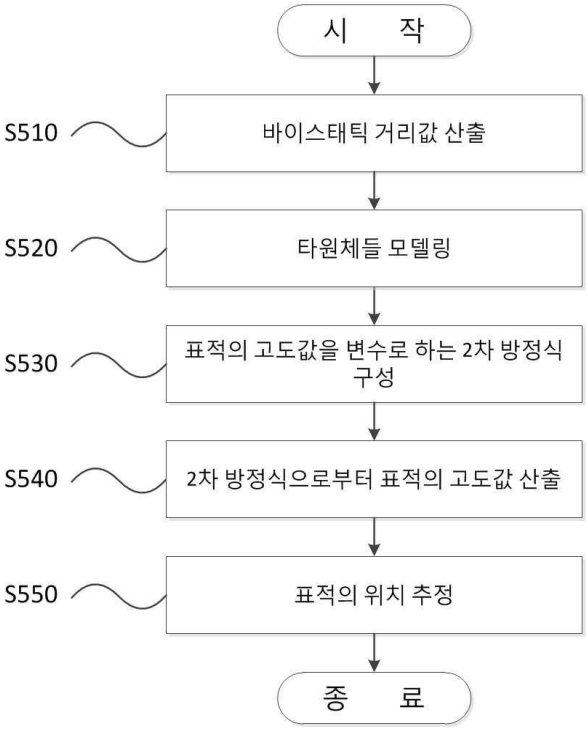
도면2


10
입력부
100
BR 산출부
200
모델링부
300
고도 산출부
400
위치 추정부
500

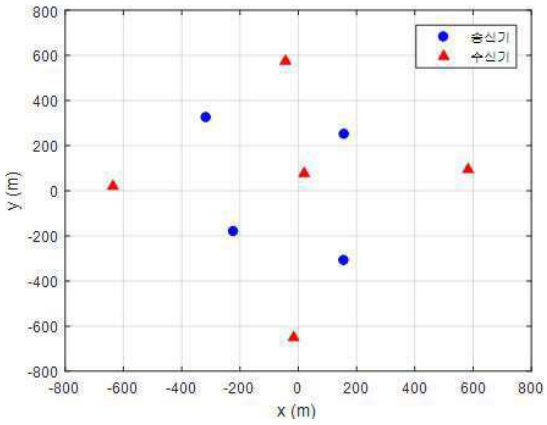
도면3


표적
BR 측정값
r_{mn}
송신기
$X_t(m)$
수신기
$X_r(n)$
수신기

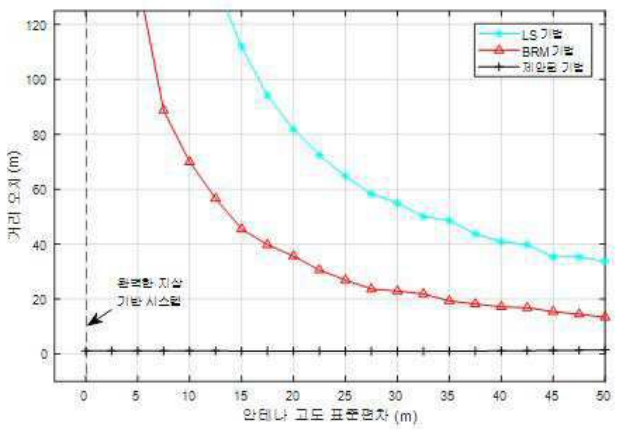
도면4


시 작
S510
바이스태틱 거리값 산출
S520
타원체들 모델링
S530
표적의 고도값을 변수로 하는 2차 방정식 구성
S540
2차 방정식으로부터 표적의 고도값 산출
S550
표적의 위치 추정
종 료

도면5a


송신기
수신기
y (m)
x (m)
800
600
400
200
0
-200
-400
-600
-800
-800
-600
-400
-200
0
200
400
600
800

도면5b


LS 기법
BRM 기법
제안된 기법
거리 오차 (m)
안테나 고도 표준편차 (m)
0
20
40
60
80
100
120
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50