



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월22일

(11) 등록번호 10-2268249

(24) 등록일자 2021년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 19/24 (2010.01) G01S 19/38 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01S 19/24 (2013.01)

G01S 19/38 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0002118

(22) 출원일자 2020년01월07일

심사청구일자 2020년01월07일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120017130 A*

W02014087683 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

황동환

대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트
211동 804호

오상현

대전광역시 유성구 노은서로210번길 32 열매마을
아파트4단지 406동 1403호

손재훈

대전광역시 대덕구 신탄진로756번길 59(신탄진동)

(74) 대리인

이은철, 김재문

전체 청구항 수 : 총 9 항

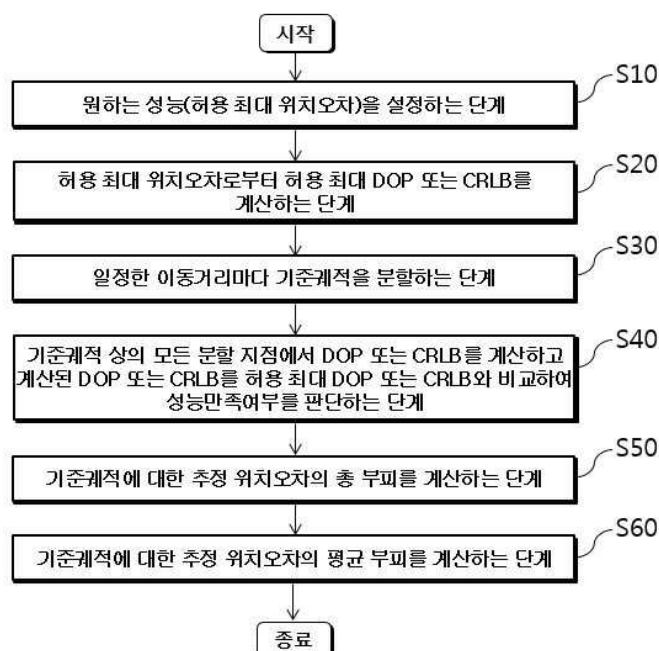
심사관 : 노영철

(54) 발명의 명칭 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준계적 기반 성능만족영역분석 방법

(57) 요약

본 발명은 3차원 공간에서 항체가 이동하는 기준계적 상에서 이동 거리를 분할하고, 분할된 각 구간별 DOP(Dilution Of Precision) 또는 CRLB(Cramer-Rao Lower Bound)를 계산하여 궤적 상에서 원하는 성능의 만족 여부를 확인함으로써 3차원 공간의 성능만족영역을 분석하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준계적

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2

기반 성능만족영역분석 방법에 관한 것이다. 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 항체가 이동하는 대상 지역에 대한 항법 신호원의 허용 최대 위치오차(목표 성능)를 설정하는 단계(S10)와, 설정된 상기 허용 최대 위치오차로부터 허용 가능한 최대 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S20) 및 미리 설정된 일정한 이동거리마다 상기 항체가 이동하는 기준궤적을 분할하는 단계(S30)를 포함할 수 있다. 또한, 상기 기준궤적상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하고, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하여 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40) 및 상기 기준궤적을 기준으로 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50)를 포함할 수 있다.

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

항체가 이동하는 대상 지역에 대한 항법 신호원의 허용 최대 위치오차(목표 성능)를 설정하는 단계(S10);
 설정된 상기 허용 최대 위치오차로부터 허용 가능한 최대 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S20);
 미리 설정된 일정한 이동거리마다 상기 항체가 이동하는 기준궤적을 분할하는 단계(S30);
 상기 기준궤적 상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하고, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하여 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40); 및
 상기 기준궤적을 기준으로 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50)를 포함하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 기준궤적 상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 이용하여 추정 위치오차를 계산하는 것을 특징으로 하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 기준궤적을 분할하는 단계(S30)는
 상기 기준궤적으로부터 이동거리-시간 그래프를 도출하는 단계(S31)와,
 상기 이동거리-시간 그래프에서 이동거리를 미리 설정된 일정한 값마다 분할하는 단계(S32)와,
 상기 이동거리-시간 그래프에서 일정한 값마다 분할한 이동거리에 대응하는 시간을 도출하는 단계(S33)와,
 상기 도출된 시간에서의 기준궤적 상의 지점을 도출하는 단계(S34)를 포함하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 DOP는 아래의 [수학식 1] 및 [수학식 2]를 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

[수학식 1]

$$\tilde{d}_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} + ct_B$$

여기에서, (x_i, y_i, z_i) 는 i 번째 항법 신호원의 3차원 위치 좌표이고, (x, y, z) 는 추정하고자 하는 3차원 위치 좌표이다. 또한, $\tilde{d}_i$ 는 추정하고자 하는 위치부터 i 번째 항법 신호원까지의 거리 측정치이고, ct_B 는 시계 오차를 나타낸다.

[수학식 2]

$$\begin{aligned} \text{DOP} &= \sqrt{\text{trace}((\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1})} \\ &= \sqrt{\text{trace} \left(\left(\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m h_{i1}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{i1} h_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m h_{i1} h_{in} & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{in}^2 \end{bmatrix} \right)^{-1} \right)} \end{aligned}$$

여기에서, h_{in} 은 $\tilde{d}_i$ 를 n 번째 항법 파라미터로 편미분한 값을 나타낸다.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 CRLB는 아래의 [수학식 3]을 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준레적 기반 성능만족영역분석 방법.

[수학식 3]

$$\begin{aligned} \text{CRLB} &= \text{trace}(\mathbf{I}^{-1}(\mathbf{x})) \\ &= \sigma_{meas}^2 \text{trace}((\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1}) \\ &= \sigma_{meas}^2 \text{trace} \left(\left(\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m h_{i1}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{i1} h_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m h_{i1} h_{in} & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{in}^2 \end{bmatrix} \right)^{-1} \right) \end{aligned}$$

여기에서, h_{in} 은 $\tilde{d}_i$ 를 n 번째 항법 파라미터로 편미분한 값이고, σ_{meas}^2 은 거리측정치의 분산 값을 나타낸다.

이때, 상기 $\tilde{d}_i$ 는 추정하고자 하는 위치부터 i 번째 항법 신호원까지의 거리 측정값이다.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)는

상기 기준레적 상에서 첫번째 분할 지점을 선택하는 단계(S41)와,

선택된 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S42)와,

계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하는 단계(S43)와,

상기 (S43) 단계의 비교 결과를 토대로 분할 지점에서 성능만족여부를 판단하는 단계(S44)를 포함하는 통합항법

시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 성능만족여부를 판단하는 단계(S44) 이후에

선택된 분할 지점이 기준궤적 상에서 마지막 분할 지점인지 여부를 판단하는 단계(S45)와,

상기 (S45) 단계의 판단 결과 선택된 분할 지점이 기준궤적 상에서 마지막 분할 지점이 아닌 경우에는 상기 기준궤적 상의 다음 분할 지점을 선택하는 단계(S46)와,

상기 (S42) 단계 내지 (S45) 단계를 반복 수행하는 단계(S47)를 더 포함하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50)는 아래의 [수학식 4]를 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

[수학식 4]

$$V = \sum_{i=0}^{n-1} \pi r_i^2 h$$

여기에서, V는 추정 위치오차의 총 부피이고, n은 기준궤적 상의 분할 지점의 수를 나타낸다. 또한, r_i 는 상기 기준궤적 상의 i번째 분할지점에서의 원기둥의 반경을 나타내며, 이것은 계산된 DOP에 측정 오차의 표준편차를 곱한 값 또는 계산된 CRLB의 제곱근이다. 또한, h는 원기둥의 높이를 나타내며, 항체의 총 이동거리를 분할할 때 사용한 일정한 이동거리이다.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50) 이후에 상기 기준궤적을 기준으로 추정 위치오차의 평균 부피를 계산하는 단계(S60)를 더 포함하고,

상기 평균 부피는 아래의 [수학식 5]를 이용하여 추출하는 것을 특징으로 하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법.

[수학식 5]

$$V_{AVG} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} r_i^2 h}{n}$$

여기에서, V_{AVG} 는 추정 위치오차의 평균 부피를 나타낸다.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법에 관한 것으로서, 3차원 공간에서 항체가 이동하는 기준궤적 상에서 이동 거리를 분할하고, 분할된 각 구간별 DOP(Dilution Of Precision) 또는 CRLB(Cramer-Rao Lower Bound)를 계산하여 궤적 상에서 원하는 성능의 만족 여부를 확인함으로써 3차원 공간의 성능만족영역을 분석하는 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법에 관한 것이다.

[0002]

배경기술

[0003] GNSS(Global Navigation Satellite System)는 항공을 비롯하여 육상, 해상, 국방, 정보통신, 측지측량, 공공복지, 재난예방 및 인명구조 등 다양한 분야에 걸쳐 활용되고 있다. 최근에는 GNSS의 정확도 향상을 목표로 GNSS 보강시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며 미국, 유럽 등 주요 선진국들은 자국의 실정에 맞는 GNSS 보강 시스템을 구축하는데 노력하고 있다.

[0004] 또한, 군용, 민간용, 인명구조용 등 다양한 응용분야에 적합한 GNSS 수신기를 개발하고 있으며, 군용 수신기는 위치 정밀도가 높고 요구하는 신뢰도 또한 높아지고 있다. 인명구조용 수신기는 신호의 끊김이 없으며 높은 위치 정밀도를 요구하고 있으며 민간용 GNSS 수신기는 크기가 작고 소비전력이 낮도록 개발되고 있다.

[0005] 또한, GNSS는 제밍(Jamming)과 같은 전파교란에 취약하므로 GNSS 제머(Jammer)의 위치를 추정하거나 위성신호 추적성능을 높이는 제밍(Jamming) 대응 기법에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

[0006] 한편, 항법 신호원의 위치와 항법 신호의 오차 특성을 알고 있으면 특정한 지역에서 항법 시스템의 성능을 예측할 수 있다. 만약 항법 시스템이 원하는 성능을 만족하지 않으면 새로운 신호원을 추가하여 항법 성능을 만족하게 할 수 있다.

[0007] 예를 들어 GPS 불능 시 지상에 설치된 여러 가지 지상과 항법 시스템을 이용할 수 있으며, 이때 항체가 이동하는 대상 지역에 대하여 GPS가 정상적일 때에 제시한 RNP(Required Navigation Performance)를 만족하는지 확인해야 한다.

[0008] 이와 같이 대상 지역이 RNP를 만족하는지 확인하는 과정을 성능만족영역 분석이라 한다.

[0009] 한편, 종래의 성능만족영역 분석은 2차원에서만 RNP 만족 여부를 확인할 수 있으나, 항공기와 같이 3차원 공간 상에서 운동하는 항체의 경우는 3차원에서의 성능만족영역 분석이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1091805호(2011년 12월 12일 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점을 해결한 것으로서, 계산량을 증가시키지 않고 2차원의 성능만족영역분석 방법을 확장하여 3차원 공간에서의 성능만족영역을 분석하고자 하는데 그 목적이 있다. 또한, 항법 신호원의 재배치, 항공기의 경로 선정 또는 항법 신호원의 배치에 대한 성능 평가시 신속하고 용이하게 성능만족영역을 분석할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 항체가 이동하는 대상 지역에 대한 항법 신호원의 허용 최대 위치오차(목표 성능)를 설정하는 단계(S10)와, 설정된 상기 허용 최대 위치오차로부터 허용 가능한 최대 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S20) 및 미리 설정된 일정한 이동거리마다 상기 항체가 이동하는 기준궤적을 분할하는 단계(S30)를 포함할 수 있다.

[0016] 이때, 상기 기준궤적을 분할하는 단계(S30)는 상기 기준궤적으로부터 이동거리-시간 그래프를 도출하는 단계(S31)와, 상기 이동거리-시간 그래프에서 이동거리를 미리 설정된 일정한 값마다 분할하는 단계(S32)와, 상기 이동거리-시간 그래프에서 일정한 값마다 분할한 이동거리에 대응하는 시간을 도출하는 단계(S33)와, 상기 도출된 시간에서의 기준궤적 상의 지점을 도출하는 단계(S34)를 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 상기 기준궤적 상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하고, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하여 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)와, 상기 기준궤적을 기준으로 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50) 및 상기 기준궤적을 기준으로 추정 위치오차의 평균 부피를 계산하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.

[0018] 이때, 상기 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)는 상기 기준궤적 상에서 첫번째 분할 지점을 선택하는 단계(S41)와, 선택된 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S42)와, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하는 단계(S43)와, 상기 (S43) 단계의 비교 결과를 토대로 분할 지점에서 성능만족여부를 판단하는 단계(S44)를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 선택된 분할 지점이 기준궤적 상에서 마지막 분할 지점인지 여부를 판단하는 단계(S45)와, 상기 (S45) 단계의 판단 결과 선택된 분할 지점이 기준궤적 상에서 마지막 분할 지점이 아닌 경우에는 상기 기준궤적 상의 다음 분할 지점을 선택하는 단계(S46)와, 상기 (S42) 단계 내지 (S45) 단계를 반복 수행하는 단계(S47)를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 통합항법 시스템을 위한 3차원 공간에서의 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 3차원의 모든 공간에 대해서 성능만족영역분석을 수행할 필요가 없이 기준궤적에 대해서만 성능만족영역분석을 수행하기 때문에 계산량을 증가시키지 않고도 3차원 공간에서의 성능만족영역을 분석할 수 있는 효과가 있다.

[0022] 또한, 동일한 궤적에 대해 다른 종류의 항법 신호원을 운용하는 항법 신호원의 재배치, 출발지점과 도착지점이 같은 여러 궤적 중 가장 항법 성능이 우수한 궤적을 구하는 항공기의 경로 선정 또는 항법 신호원의 배치에 대한 성능 평가시 신속하고 용이하게 성능만족영역을 분석할 수 있는 효과가 있다. 또한, 오차 특성이 다른 항법 신호원을 운용하는 경우에도 성능만족영역을 쉽게 구할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법을 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법을 나타내는 순서도이다.

도 3은 기준궤적을 분할하는 단계(S30)를 세부적으로 나타내는 순서도이다.

도 4는 성능만족여부를 판단하는 단계(S40)를 세부적으로 나타내는 순서도이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 eLoran/DME 통합 항법 알고리즘을 나타내는 도면이다.

도 6a는 본 발명의 실시 예에 따른 3차원 상의 기준궤적을 나타내는 도면이다.

도 6b는 도 6a의 기준궤적으로부터 도출되는 이동거리-시간 그래프를 나타내는 도면이다.

도 7은 기준궤적 상의 성능만족영역 여부와 기준궤적을 기준으로 위치오차의 부피를 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 시스템을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면부호를 붙였다.

[0026] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다

른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "...모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0028] 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0029] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법을 나타내는 개념도이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법을 나타내는 순서도이다. 또한, 도 3은 도 2에서 기준궤적을 분할하는 단계(S30)를 세부적으로 나타내는 순서도이고, 도 4는 도 2에서 성능만족여부를 판단하는 단계(S40)를 세부적으로 나타내는 순서도이다.

[0030] 일반적으로 2차원의 경우, 항법 신호원(10)을 재배치 또는 추가 배치하는 경우 항법 신호원(10)을 배치하기 전에 요구되는 항법 성능(RNP)을 만족하는지 확인하기 위해 성능만족영역 분석을 수행할 수 있다. 이때, 상기 성능만족영역 분석은 항체(20)가 이동하는 공간에 대해 수행될 수 있다.

[0031] 항체(20)가 운항할 때 발생하는 전체 시스템 오차(TSE, Total System Error)는 PDE(Path Definition Error), FTE(Flight Technical Error), NSE(Navigation Sensor Error)의 세가지로 분류된다. 또한, 상기 TSE와 PDE, FTE 및 NSE와의 관계는 아래의 [수학식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0032] [수학식 1]

$$TSE = \sqrt{PDE^2 + FTE^2 + NSE^2}$$

[0033] 이때, 상기 PDE는 원하는 경로와 정의된 경로 간의 차이로 항법 데이터베이스 오차, 시스템의 계산 오차, 디스플레이 오차 등을 포함하는 값으로 고정값을 가진다. 또한, 상기 FTE는 정의된 경로를 따라 운항하는 승무원이나 파일럿의 조작에 의한 오차이다.

[0034] 또한, 상기 NSE는 추정 위치와 참 위치와의 차이를 의미한다. PDE의 경우에는 고정값을 가지므로 성능만족영역 분석에서 변수가 아니며, FTE는 사람의 조작에 의한 오차이므로 수학적인 모델링이 불가능하여 성능만족영역 분석에 반영하지 않는다.

[0035] 즉, 성능만족영역의 분석은 위치 추정과 관련된 NSE의 변화를 분석하는 작업이다. 통상적으로 성능만족영역의 기준은 유엔 산하 전문기구인 국제 민간 항공 기구에서 제시하는 RNP를 기반으로 한다.

[0036] 예를 들어, RNP 5로 규정된 지역에서는 설계된 항공로에서부터 실제 항체(20)의 위치까지의 거리 오차가 전체 비행시간의 95% 이상 동안에 5NM 이내이어야 한다.

[0037] 따라서, NSE 분석 결과 성능을 만족시키는 지역을 성능만족영역으로 표시한다. 위치 추정에 관련된 변수값과 성능 기준치가 변함에 따라 성능만족영역 역시 변한다.

[0038] 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 2차원의 성능만족영역분석 방법을 효율적으로 확장하여 기준궤적(30)을 기반으로 3차원 공간에서의 성능만족영역을 분석하는 방법을 제시한다.

[0039] 일반적으로 성능만족영역분석 방법은 2차원에서 수행되는데, 이를 3차원으로 그대로 확장하면 모든 높이에서 2차원에서 수행하는 성능만족영역분석 방법을 수행해야 하며, 대상 항체(20)가 운동하는 높이의 범위가 높을수록 계산 부담이 커진다.

[0040] 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 계산 부담을 줄이기 위해 기준궤적(30)을 기반으로 DOP 또는 CRLB를 이용하는 성능만족영역 분석 방법을 제시한다.

[0041] 한편, 거리 오차의 변동 폭에 따라 추정위치의 불확실성이 증가하는 비율은 항법 신호원(10)의 기하학적인 배치에 좌우된다. 비슷한 위치에 몰려 있는 항법 신호원(10)을 통하여 위치를 추정하는 경우는 오차영역이 넓으며, 서로 떨어져 있는 항법 신호원(10)을 통하여 위치를 추정하는 경우는 오차 영역이 좁다.

[0042] 즉, 추정위치가 측정치의 변동폭에 비해서 얼마만큼 변화하는지를 수치적으로 나타내주는 값이 DOP이다.

[0043] 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 항체(20)가 이동하는 대상 지역에 대한 항법 신호원(10)의 허용 최대 위치오차(목표 성능)를 설정하는 단계(S10)와, 설정된 상기 허용 최대 위치오차로부터

허용 가능한 최대 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S20)를 포함할 수 있다.

[0045] 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 이러한 성능만족영역을 분석하기 위해 DOP 또는 CRLB를 이용한다.

[0046] 먼저, 아래의 [수학식 2]와 같이 측정 모델(measurement model)을 나타낼 수 있다.

[0047] [수학식 2]

[0048]
$$\tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{v}$$

[0049] 여기에서, $\tilde{\mathbf{y}}$ 와 $\mathbf{x}$ 는 각각 m 차원 측정 벡터와 n 차원 항법 파라미터 벡터를 나타낸다. 또한, $\mathbf{H}$ 는 측정 행렬이고, $\mathbf{v}$ 는 화이트 가우시안 측정 노이즈 벡터(white Gaussian measurement noise vector)이다.

[0050] 이때, $\tilde{\mathbf{y}}$, $\mathbf{x}$, $\mathbf{H}$ 및 $\mathbf{v}$ 는 각각 아래의 [수학식 3] 내지 [수학식 6]으로 나타낼 수 있다.

[0051] [수학식 3]

[0052]
$$\tilde{\mathbf{y}} = [\tilde{\mathbf{y}}_1 \dots \tilde{\mathbf{y}}_m]^T$$

[0053] [수학식 4]

[0054]
$$\mathbf{x} = [x_1 \dots x_n]^T$$

[0055] [수학식 5]

[0056]
$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & \dots & h_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1} & \dots & h_{mn} \end{bmatrix}$$

[0057] [수학식 6]

[0058]
$$\mathbf{v} = [v_1 \dots v_m]^T$$

[0059] 이때, DOP는 아래의 [수학식 7]과 같이 측정 오차(measurement error)와 항법 파라미터 오차(navigation parameter error) 사이의 증폭도로 나타낼 수 있다.

[0060] [수학식 7]

[0061]
$$\sigma_{nav-error} = DOP\sigma_{meas}$$

[0062] 여기에서, $\sigma_{nav-error}$ 와 σ_{meas} 는 각각 항법 파라미터 오차의 표준 편차와 측정 오차의 표준 편차를 나타낸다.

[0063] 따라서, 측정 모델이 상기 [수학식 2]로 주어질 때 DOP는 아래의 [수학식 8]과 같이 나타낼 수 있다.

[0064] [수학식 8]

[0065]
$$DOP = \sqrt{\text{trace}((\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1})}$$

$$= \sqrt{\text{trace} \left(\left(\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m h_{i1}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{i1}h_{im} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m h_{i1}h_{im} & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{im}^2 \end{bmatrix} \right)^{-1} \right)}$$

또한, CRLB는 항법 파라미터 벡터 추정값(navigation parameter vector estimate)의 공분산 행렬(Covariance matrix) 하한이다. 이때, 항법 파라미터 추정치 $\hat{\mathbf{x}}$ 의 공분산 행렬은 아래의 [수학식 9]와 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 9]

$$\mathbf{C}_{\hat{\mathbf{x}}} - \mathbf{I}^{-1}(\hat{\mathbf{x}}) \geq \mathbf{0}$$

여기에서, $\mathbf{C}_{\hat{\mathbf{x}}}$ 와 $\mathbf{I}^{-1}(\hat{\mathbf{x}})$ 는 각각 항법 파라미터 벡터 $\hat{\mathbf{x}}$ 의 공분산 행렬과 피셔 정보 역행렬(Fisher information inverse matrix)을 나타낸다. 또한, 상기 [수학식 9]의 피셔 정보 행렬은 아래의 [수학식 10]으로부터 추출된다.

[수학식 10]

$$[\mathbf{I}(\mathbf{x})]_{ij} = -E \left[\frac{\partial^2 \ln p(\tilde{\mathbf{y}}; \mathbf{x})}{\partial x_i \partial x_j} \right]$$

여기에서, $[\mathbf{I}(\mathbf{x})]_{ij}$ 는 상기 피셔 정보 행렬의 (i, j) 요소를 나타낸다. 측정 오차 벡터의 요소가 화이트 가우시안(white Gaussian)이고 서로 독립적이므로 v의 확률 밀도 함수는 아래의 [수학식 11]과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 11]

$$p(\tilde{\mathbf{y}}; \mathbf{x}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi\sigma_{meas}^2)^m}} \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma_{meas}^2} \sum_{i=1}^m (\tilde{y}_i - y_i)^2 \right\}$$

또한, 상기 [수학식 10]과 [수학식 11]로부터 피셔 정보 행렬을 계산하면 아래의 [수학식 12]을 얻을 수 있다.

[수학식 12]

$$\mathbf{I}(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sigma_{meas}^2} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m h_{i1}^2 & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{i1}h_{im} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^m h_{i1}h_{im} & \cdots & \sum_{i=1}^m h_{im}^2 \end{bmatrix}$$

또한, 상기 [수학식 10]과 [수학식 12]를 토대로 아래의 [수학식 13]을 얻을 수 있다.

[수학식 13]

$$\mathbf{I}(\mathbf{x}) = \frac{1}{\sigma_{meas}^2} \mathbf{H}^T \mathbf{H}$$

이때, 상기 [수학식 9]에서 $\mathbf{C}_{\hat{\mathbf{x}}}$ 의 대각 요소로부터 아래의 [수학식 14]를 추출할 수 있다.

[0083] [수학식 14]

$$\text{var}(\hat{x}_i) \geq [\mathbf{I}^{-1}(\hat{\mathbf{x}})]_{ii}$$

[0085] 여기에서, $\text{var}(\cdot)$ 은 변수의 분산을 나타낸다. 또한, 상기 항법 파라미터 벡터 오차의 CRLB는 아래의 [수학식 15]와 같이 피서 정보 역행렬의 대각 요소를 합함으로써 구할 수 있다.

[0086] [수학식 15]

$$\begin{aligned} \text{CRLB} &= \text{trace}(\mathbf{I}^{-1}(\mathbf{x})) \\ &= \sigma_{meas}^2 \text{trace}((\mathbf{H}^T \mathbf{H})^{-1}) \\ &= \sigma_{meas}^2 \text{DOP}^2 \end{aligned}$$

[0090] 상기 [수학식 15]와 같이 DOP 또는 CRLB가 성능만족영역 분석을 위해 사용될 수 있음을 확인할 수 있다.

[0091] 상기 CRLB는 어떠한 랜덤 분포를 따르는 측정치로부터 항법 파라미터를 추정할 때, 추정오차의 하한값을 제시한다. 각 기지국의 분포와 오차 특성을 이용하여 위치 추정치의 CRLB를 계산할 수 있다.

[0092] 성능만족영역 분석에서 원하는 성능은 운용 목적에 따라 다른데 국제 민간 항공 기구에서는 항공기의 비행 단계에 따라 다른 최대 허용 오차를 정하고 있다.

[0093] 예를 들어, 항공기의 성능기반항법(PBN, Performance Based Navigation)에서 곡선비행으로 착륙하기 위해서 최대 허용 오차를 0.3NM으로 설정하고 있다.

[0094] 특히 한 가지 종류의 항법시스템을 이용할 경우에는 일반적인 DOP 또는 CRLB를 이용하여 성능 만족 영역을 분석할 수 있으며, 여러 종류의 항법시스템을 이용하는 경우에는 가중 DOP(Weighted DOP) 또는 여러 가지 다른 통계적 특성을 갖는 측정치를 고려한 CRLB를 이용하여 성능만족영역 분석을 수행할 수 있다.

[0095] 아래의 [수학식 16]과 [수학식 17]은 각각 eLoran과 DME의 측정치와 항법 파라미터의 관계를 선형화한 것이다.

[0096] [수학식 16]

$$\Delta l_{eLo} = H_{eLo} \Delta x_{eLo} + \varepsilon_{eLo}, \quad \Delta x_{eLo} = [\delta x_{eLo} \quad \delta y_{eLo} \quad \delta z_{eLo} \quad \delta b]^T$$

[0098] [수학식 17]

$$\Delta l_{DME} = H_{DME} \Delta x_{DME} + \varepsilon_{DME}, \quad \Delta x_{DME} = [\delta x_{DME} \quad \delta y_{DME} \quad \delta z_{DME}]^T$$

[0100] 상기 [수학식 16]과 [수학식 17]을 묶어서 행렬식의 형태로 나타내면 아래의 [수학식 18]과 같이 나타낼 수 있다.

[0101] [수학식 18]

$$\begin{aligned} \Delta \mathbf{x} &= (\mathbf{H}^T \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{Q}^{-1} \Delta \mathbf{l} \\ \mathbf{H} &= \begin{bmatrix} H_{DME} & 0 \\ H_{eLo} & 1 \end{bmatrix}, \Delta \mathbf{l} = \begin{bmatrix} \Delta l_{DME} \\ \Delta l_{eLo} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

[0103] 여기에서, $\mathbf{Q}^{-1}$ 는 각 항법시스템 측정치의 다른 오차 특성을 고려한 가중치이다.

[0104] 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 eLoran/DME 통합 항법 알고리즘을 나타내는 도면이다. 상기 [수학식 18]을 활용하여 도 5와 같이 eLoran/DME 통합 항법 알고리즘을 나타낼 수 있다.

[0105] 또한, 도 5의 통합 항법 알고리즘을 이용하여 아래의 [수학식 19] 내지 [수학식 21]과 같이 나타낼 수 있다.

[0106] [수학식 19]

$$\Delta \rho_{DME} = [\delta \rho_{DME,1} \quad \delta \rho_{DME,2} \quad \cdots \quad \delta \rho_{DME,m}]^T$$

[0108] [수학식 20]

$$\Delta \rho_{eLo} = [\delta \rho_{eLo,1} \quad \delta \rho_{eLo,2} \quad \cdots \quad \delta \rho_{eLo,n}]^T$$

[0110] [수학식 21]

$$\Delta \rho_{INT} = [\delta \rho_{DME,1} \quad \cdots \quad \delta \rho_{DME,m} \quad \delta \rho_{eLo,1} \quad \cdots \quad \delta \rho_{eLo,n}]^T$$

[0112] 여기에서, $\Delta \rho_{DME}$ 는 DME에서 측정한 경사거리와 항체의 위치를 바탕으로 계산한 거리의 차이이고, $\Delta \rho_{eLo}$ 는 eLoran 수신기에서 측정한 의사거리와 항체의 위치를 바탕으로 계산한 거리의 차이이며, $\Delta \rho_{INT}$ 는 $\Delta \rho_{DME}$ 와 $\Delta \rho_{eLo}$ 를 통합한 것이다.

[0113] 또한, m은 DME 기지국 수, n은 eLoran 기지국 수를 나타낸다. 또한, LOS_{DME} 는 DME 기지국과 항체 사이의 시선각 벡터, LOS_{eLo} 는 eLoran 기지국과 항체 사이의 시선각 벡터이다. 이는 아래의 [수학식 22] 및 [수학식 23]과 같이 나타낼 수 있다.

[0114] [수학식 22]

$$H_{DME} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 0 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} & 0 \end{bmatrix}$$

[0115]

[0116] [수학식 23]

$$H_{eLo} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & 1 \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & 1 \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & 1 \end{bmatrix}$$

[0117]

[0118] 또한, Q_{DME}^{-1} 는 eLoran 의사거리의 오차를 기반으로 한 DME 경사거리의 가중치이며, Q_{eLo}^{-1} 는 eLoran 의사거리의 오차를 기반으로 한 eLoran 의사거리의 가중치이다. 이는 아래의 [수학식 24] 및 [수학식 25]와 같이 나타낼 수 있다.

[0119] [수학식 24]

$$Q_{DME}^{-1} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\sigma_{DME}}{\sigma_{eLo}} \right)^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \left(\frac{\sigma_{DME}}{\sigma_{eLo}} \right)^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \left(\frac{\sigma_{DME}}{\sigma_{eLo}} \right)^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

[0120]

[0121] [수학식 25]

$$Q_{eLO}^{-1} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\sigma_{eLO}}{\sigma_{eLO}}\right)^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \left(\frac{\sigma_{eLO}}{\sigma_{eLO}}\right)^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \left(\frac{\sigma_{eLO}}{\sigma_{eLO}}\right)^2 \end{bmatrix}^{-1}$$

[0122] 여기서, σ_{DME} 와 σ_{eLO} 는 각각 DME 경사거리 오차의 표준편차와, eLoran 의사거리 오차의 표준편차를 나타낸다.

[0123] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 미리 설정된 일정한 이동거리마다 항체(20)가 이동하는 기준궤적(30)을 분할하는 단계(S30)와, 기준궤적(30) 상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하고, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하여 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)를 포함할 수 있다.

[0124] 도 6a는 본 발명의 실시 예에 따른 3차원 상의 기준궤적(30)을 나타내는 도면이고, 도 6b는 도 6a의 기준궤적(30)으로부터 도출되는 이동거리-시간 그래프를 나타내는 도면이다.

[0125] 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 기준궤적(30)을 일정한 이동거리마다 분할하고, 원하는 궤적 상의 분할 지점에 대해 성능만족영역 분석을 수행한다.

[0126] 도 6b는 도 6a의 기준궤적(30)으로부터 도출되는 이동거리-시간 그래프를 나타낸다. 상기 이동거리-시간 그래프에서 이동거리를 일정한 값마다 분할하고, 이동거리-시간 그래프에서 일정한 값마다 분할한 이동거리에 대응하는 시간을 도출한다. 또한, 도출된 시간에서의 기준궤적(30) 상의 지점을 도출한다.

[0127] 이때, 기준궤적(30)을 분할하는 단계(S30)는 기준궤적(30)으로부터 이동거리-시간 그래프를 도출하는 단계(S31)와, 상기 이동거리-시간 그래프에서 이동거리를 미리 설정된 일정한 값마다 분할하는 단계(S32)와, 상기 이동거리-시간 그래프에서 일정한 값마다 분할한 이동거리에 대응하는 시간을 도출하는 단계(S33)와, 상기 도출된 시간에서의 기준궤적(30) 상의 지점을 도출하는 단계(S34)를 포함할 수 있다.

[0128] 또한, 상기 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)는 기준궤적(30) 상에서 첫번째 분할 지점을 선택하는 단계(S41)와, 상기 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산하는 단계(S42)와, 계산된 DOP 또는 CRLB를 허용 최대 DOP 또는 CRLB와 비교하는 단계(S43)를 포함할 수 있다.

[0129] 또한, 상기 (S43) 단계의 비교 결과로부터 분할 지점에서 성능만족여부를 판단하는 단계(S44)와, 기준궤적(30) 상에서 마지막 분할 지점인지 여부를 판단하는 단계(S45)를 포함할 수 있다.

[0130] 이때, 상기 (S45) 단계의 판단 결과 기준궤적(30) 상에서 마지막 분할 지점이 아닌 경우에는 기준궤적(30) 상의 다음 분할 지점을 선택하는 단계(S46)와, 상기 (S42) 단계 내지 (S45) 단계를 반복 수행하는 단계(S47)를 더 포함할 수 있다.

[0131] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 기준궤적(30)을 기준으로 추정 위치오차의 총 부피를 계산하는 단계(S50)와, 기준궤적(30)을 기준으로 추정 위치오차의 평균 부피를 계산하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.

[0132] 이때, 상기 (S45) 단계의 판단 결과 기준궤적(30) 상에서 마지막 분할 지점인 경우에는 상기 성능만족 여부를 판단하는 단계(S40)를 종료하고, 상기 (S50) 단계를 수행할 수 있다.

[0133] 도 7은 기준궤적(30) 상의 성능만족영역 여부와 기준궤적(30)을 기준으로 위치오차의 부피를 나타내는 도면이다. 즉, 도 7은 기준궤적(30) 상의 분할 지점에서 성능만족 여부를 나타내는 도면이다.

[0134] 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법은 기준궤적(30) 상의 모든 분할 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산한다. 여기에서, 기준궤적(30) 상의 분할 지점에서 다음 분할 지점까지 계산된 DOP 또는 CRLB

값은 동일하다고 가정한다.

[0136] 또한, 도 7에서 도시된 바와 같이 상기 계산된 DOP 또는 CRLB 값이 허용 최대 DOP 또는 허용 최대 CRLB 보다 작으면 항법 결과는 도 7의 적색 원기둥(허용 최대 오차) 내부에 있다고 볼수 있다.

[0137] 이때, 기준궤적(30) 주위에 그려지는 모든 검정색 원기둥 부피의 합은 기준궤적(30)에 대한 추정 위치오차의 총 부피를 나타내며, 아래의 [수학식 26]과 같이 나타낼 수 있다.

[0138] [수학식 26]

$$V = \sum_{i=0}^{n-1} \pi r_i^2 h$$

[0139] 여기서, r_i 는 기준궤적(30) 상의 i 번째 분할지점에서의 원기둥의 반경을 나타내며, 이것은 계산된 DOP에 측정 오차의 표준편차를 곱한 값 또는 계산된 CRLB의 제곱근이다. 또한, n 은 기준궤적(30) 상의 분할 지점의 수를 나타내며, h 는 원기둥의 높이를 나타내는데 총 이동거리를 분할할 때 사용한 일정한 이동거리이다.

[0141] 즉, r_i 는 아래의 [수학식 27]과 같이 나타낼 수 있다.

[0142] [수학식 27]

$$r_i = \sqrt{CRLB_i}, \quad (i = 0, \dots, n-1)$$

[0143] 도 7에서 도시된 바와 같이 기준궤적(30) 상에서 형성되는 원기둥의 부피의 합은 각 기준궤적(30)에서 항법 성능을 나타내는 척도가 될 수 있다. 즉, 부피가 작을수록 항법 성능이 더 좋다고 판단할 수 있다.

[0145] 그러나 상기 부피는 이동거리가 길수록 더 커지므로, 상기 [수학식 26]은 아래의 [수학식 28]로 변경하여 이동거리와 관계없는 성능의 척도로 사용될 수 있다.

[0146] [수학식 28]

$$V_{AVG} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} r_i^2 h}{n}$$

[0147] 여기서, V_{AVG} 는 기준궤적(30)에 대한 추정 위치오차의 평균 부피를 나타낸다.

[0149] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 시스템(100)을 나타내는 블록도이다. 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 시스템(100)은 항법 신호 수신부(110), 연산부(120), 저장부(130) 및 디스플레이부(140)를 포함할 수 있다.

[0150] 항법 신호 수신부(110)는 항법 신호원(10)으로부터 항법 신호를 수신한다. 항체(20)에 구비된 수신기 내부에서 항법 신호를 직접 사용할 수도 있으며, 항체(20)의 별도 수신기를 통해서 수신된 항법 신호를 전송받을 수도 있다.

[0151] 연산부(120)는 기준궤적(30)을 일정한 이동거리마다 분할하고, 분할된 기준궤적(30) 상의 모든 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산할 수 있다. 즉, 연산부(120)는 항법 신호 수신부(110)에서 수신된 항법 신호를 이용하여 분할된 기준궤적(30) 상의 모든 지점에서 DOP 또는 CRLB를 계산할 수 있다.

[0152] 또한, 연산부(120)는 계산 결과를 토대로 항법 신호원(10)의 허용 가능한 최대 DOP 또는 CRLB와, 분할된 기준궤적(30) 상의 지점에서 항법 신호 수신부(110)를 통해 수신된 항법 신호를 이용하여 계산된 DOP 또는 CRLB를 비교하고, 이를 토대로 기준궤적(30) 상의 분할 지점과 다음 분할 지점 사이의 성능만족 여부를 판단할 수 있다.

[0153] 저장부(130)는 항법 신호원(10)으로부터 수신된 항법 신호와, 연산부(120)에서 수행된 DOP 또는 CRLB 계산 결과와, 성능만족 여부를 저장할 수 있다. 디스플레이부(140)는 연산부(120)에서 수행된 DOP 또는 CRLB 계산 결과와, 성능만족 여부를 디스플레이할 수 있다. 즉, 성능만족영역 분석 결과를 토대로 기준궤적(30) 상의 성능만족영역과 성능비만족영역을 나타낼 수 있다.

[0154] 이와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 기준궤적 기반 성능만족영역분석 방법 및 시스템(100)은 기준궤적(30) 상

에서 성능만족영역 분석을 수행함으로써 계산량을 증가시키지 않고도 원하는 성능만족 여부를 확인할 수 있다.

[0155] 따라서, 대상 지역의 동일한 궤적에 대해서 다른 종류의 항법 신호원(10)을 운용하는 경우에도 항법 성능을 쉽게 예측할 수 있다. 또한, 평균 추정위치 오차의 부피를 이용함으로써 임의의 항법 신호원(10)의 배치에 대하여 출발지점과 도착지점이 동일한 여러 궤적 중에서 항법 성능이 가장 우수한 기준궤적(30)을 선택할 수 있다. 또한, 다수의 항법 신호원(10)이 운용되는 경우에 각각의 항법 신호원(10)의 오차 특성이 달라도 성능만족영역을 용이하게 구할 수 있다.

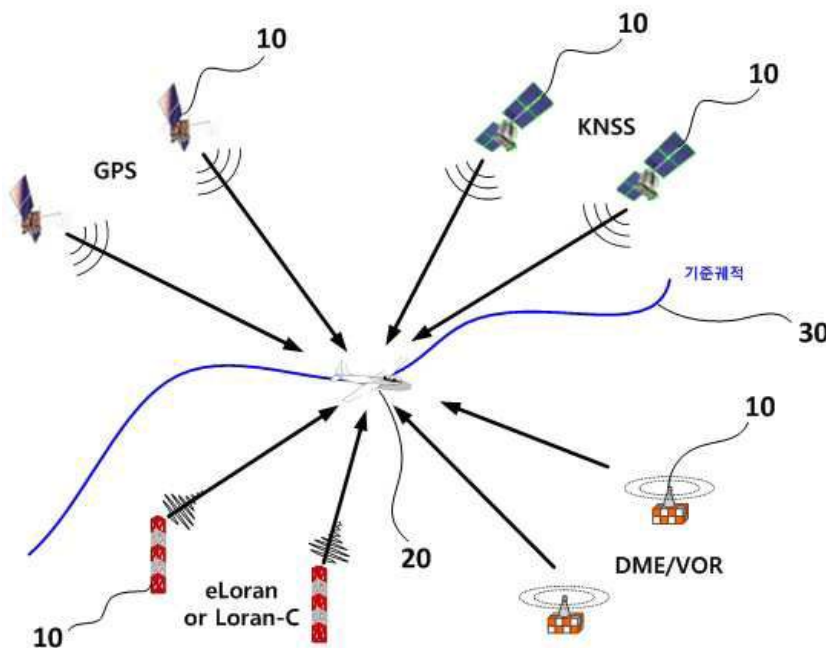
[0156] 이상으로 본 발명에 관한 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되지 아니하며, 본 발명의 실시 예로부터 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 용이하게 변경되어 균등하다고 인정되는 범위의 모든 변경을 포함한다.

부호의 설명

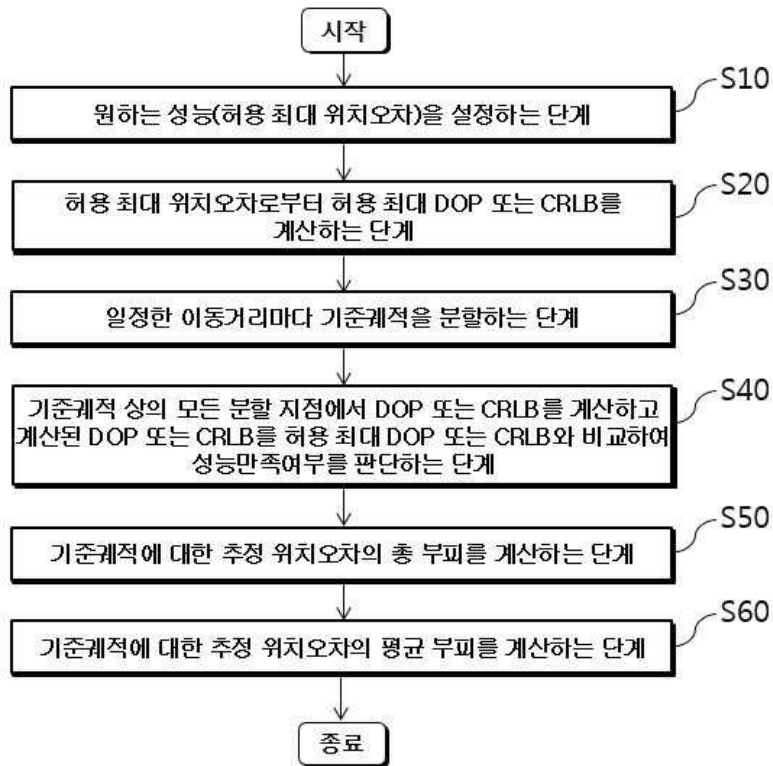
- | | | |
|--------|-----------------|--------------------|
| [0158] | 10 : 항법 신호원 | 20 : 항체 |
| | 30 : 기준궤적 | 100 : 성능만족영역분석 시스템 |
| | 110 : 항법 신호 수신부 | 120 : 연산부 |
| | 130 : 저장부 | 140 : 디스플레이부 |

도면

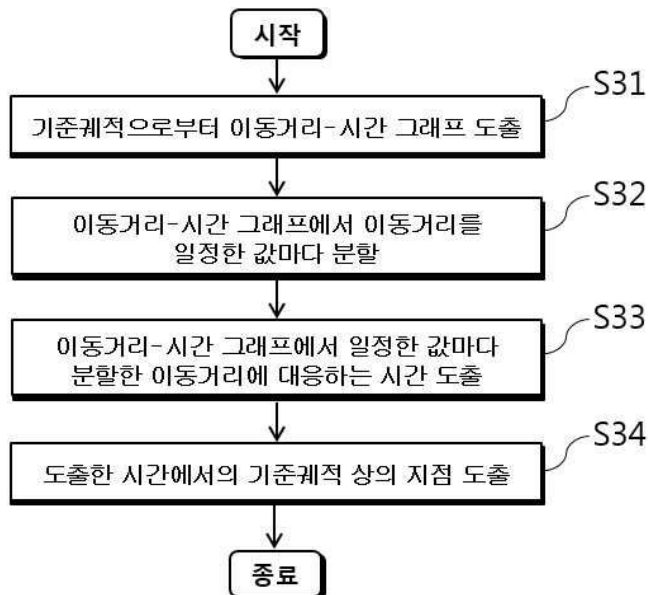
도면1



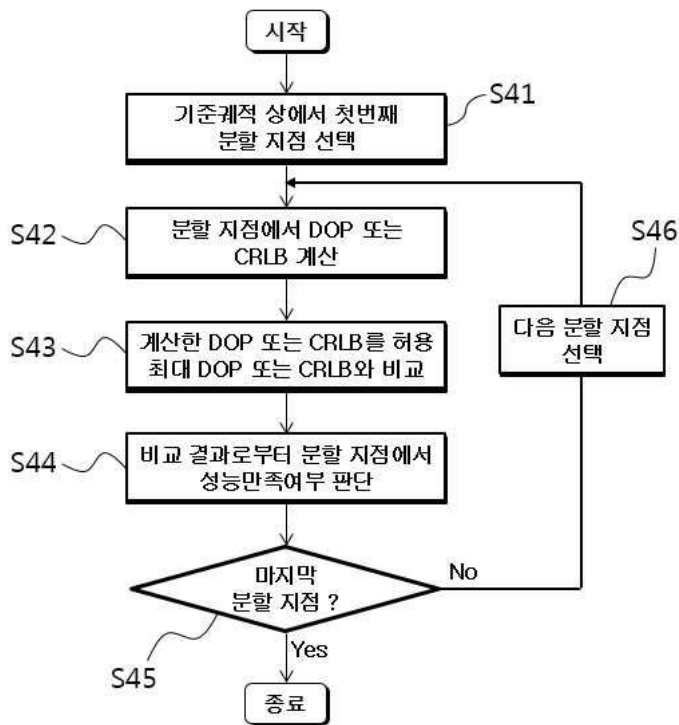
도면2



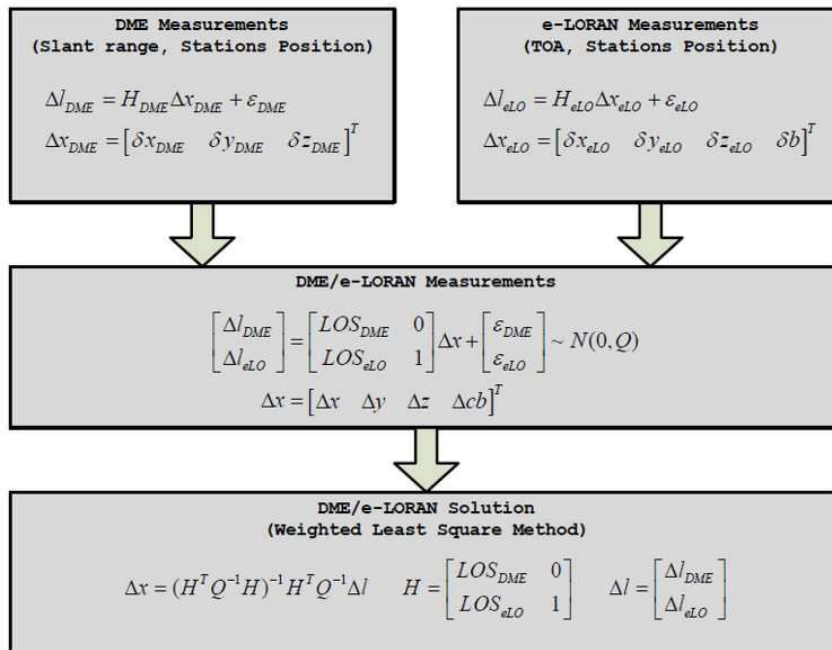
도면3



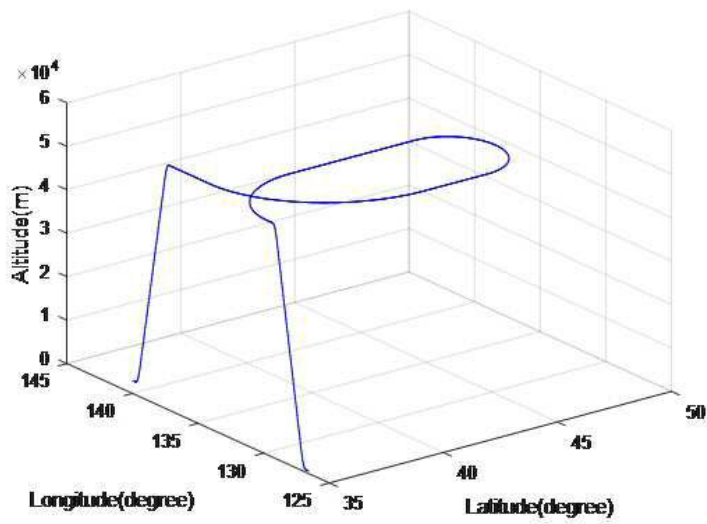
도면4



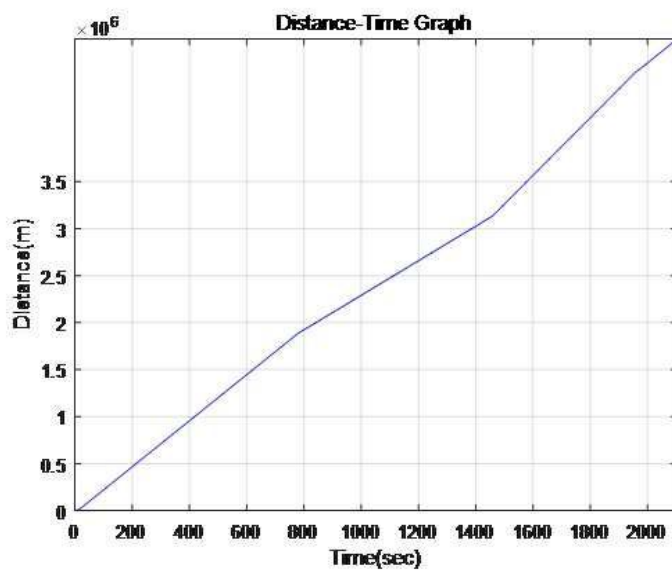
도면5



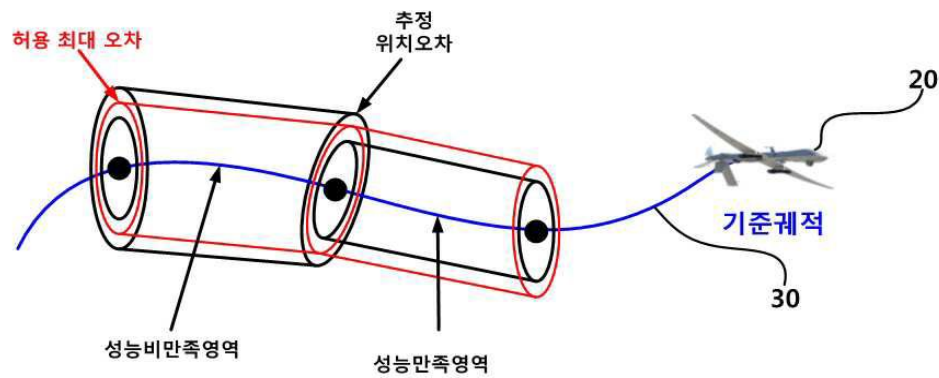
도면6a



도면6b



도면7



도면8

