



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년02월19일  
 (11) 등록번호 10-1949274  
 (24) 등록일자 2019년02월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01S 19/42* (2010.01) *B64G 1/24* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0092768  
 (22) 출원일자 2012년08월24일  
 심사청구일자 2017년08월02일  
 (65) 공개번호 10-2014-0025970  
 (43) 공개일자 2014년03월05일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020090054801 A  
 KR1020100006458 A  
 US0102286 A  
 US0695006 A

(73) 특허권자  
 한국전자통신연구원  
 대전광역시 유성구 가정로 218 (가정동)  
 (72) 발명자  
**황유라**  
 대전 유성구 지족로 343, 207동 1801호 (지족동, 반석마을2단지아파트)  
**이병선**  
 대전 유성구 배울1로 13, 201동 2502호 (관평동, 대우푸르지오)  
 (74) 대리인  
**특허법인 무한**

전체 청구항 수 : 총 19 항

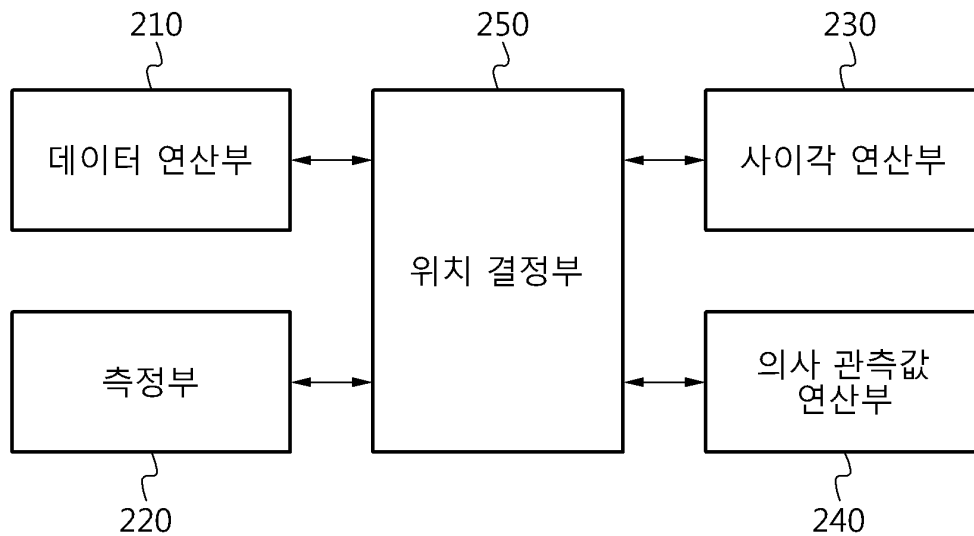
심사관 : 변영석

(54) 발명의 명칭 **정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치 및 방법**

**(57) 요약**

하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산한 후, 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치 및 방법을 제공한다.

**대표도** - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10921-01401

부처명 방송통신위원회

연구관리전문기관 한국방송통신전파진흥원

연구사업명 방송통신연구개발사업[기술개발부문]

연구과제명 통해기 위성 Ka대역 통신탑재체 우주인증 및 실용화 검증기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국전자통신연구원

연구기간 2010.01.01 ~ 2013.12.31

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산하는 데이터 연산부;  
 지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정하는 측정부;  
 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산하는 사이각 연산부;  
 상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 의사 관측값 연산부; 및  
 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 위치 결정부를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

**청구항 2**

제1항에 있어서,  
 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보는,  
 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성에 대한 거리, 방위각 및 고도각을 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

**청구항 3**

제1항에 있어서,  
 상기 측정부는,  
 상기 지상국으로부터 안테나 추적 방식을 통하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 위치 정보를 측정하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

**청구항 4**

제1항에 있어서,  
 상기 데이터 연산부는,  
 상기 하나 이상의 GPS 위성 중, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정한 측정 시간과 일치하는 GPS 위성의 궤도력을 연산하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

**청구항 5**

제1항에 있어서,  
 상기 측정부는,  
 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이를 연산하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

**청구항 6**

제1항에 있어서,  
 상기 사이각 연산부는,

하기 수학식 1을 통하여 상기 각각의 사이각( $\theta$ )을 연산하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

[수학식 1]

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \Delta\alpha \cos \Delta\theta)$$

(여기서, 상기  $\Delta\alpha$ 는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 방위각 차이이며, 상기  $\Delta\theta$ 는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이에 대응됨.)

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 의사 관측값 연산부는,

하기 수학식 2를 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

[수학식 2]

$$r_i = \sqrt{(R_i s)^2 + r^2 - 2r (R_i s) \cos \theta_i}$$

(여기서, 상기  $\theta_i$ 는 상기 각각의 사이각이고, 상기  $r_i$ 은 상기 지상국에서 상기 정지 궤도 위성까지의 거리이고, 상기  $R_i s$ 는 상기 지상국에서 상기 각각의 GPS 위성까지의 거리에 대응됨.)

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 의사 관측값 연산부는,

하기 수학식 3을 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

[수학식 3]

$$r_i = \text{sqrt}((X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2 + (Z - z_i)^2)$$

(여기서, 상기 X, Y, Z는 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표이며, 상기  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$ 는 상기 각각의 GPS 위성의 위치 좌표에 대응됨.)

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 의사 관측값 연산부는,

하기 수학식 4를 통하여 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성의 관계에 대한 배열( $A_i$ )을 구하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

[수학식 4]

$$A_i = \begin{bmatrix} \frac{(X - x_i)}{r_i} & \frac{(Y - y_i)}{r_i} & \frac{(Z - z_i)}{r_i} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{(X - x)}{r} & \frac{(Y - y)}{r} & \frac{(Z - z)}{r} \end{bmatrix}$$

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 위치 결정부는,

하기 수학식 5를 통하여 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표(X)를 결정하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치.

[수학식 5]

$$X = (A_i^T W A_i)^{-1} A_i^T r_i \quad X = (A_i^T W A_i)^{-1} A_i^T r_i$$

(여기서, 상기 W는 GDOP(Geometric Dilution of Precision)에 대한 가중치(Weighting)이며, 상기 r<sub>i</sub> 는 상기 하나 이상의 의사 관측값에 대응됨.)

**청구항 11**

하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산하는 단계;

지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정하는 단계;

상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산하는 단계;

상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 단계; 및

상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 단계

를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 정지 궤도 위성의 위치 정보는,

상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성에 대한 거리, 방위각 및 고도각을 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 하나 이상의 GPS 위성 중, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정한 측정 시간과 일치하는 GPS 위성의 궤도력을 연산하는 단계

를 더 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

**청구항 14**

제11항에 있어서,

상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이를 연산하는 단계

를 더 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

**청구항 15**

제11항에 있어서,

상기 각각의 사이각을 연산하는 단계는,

하기 수학적 식 6을 통하여 상기 각각의 사이각( $\theta$ )을 연산하는 단계를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

[수학적 식 6]

$$\theta = \cos^{-1}(\cos \Delta\alpha \cos \Delta\theta)$$

(여기서, 상기  $\Delta\alpha$ 는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 방위각 차이이며, 상기  $\Delta\theta$ 는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이에 대응됨.)

**청구항 16**

제11항에 있어서,

상기 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 단계는,

하기 수학적 식 7을 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산하는 단계를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

[수학적 식 7]

$$r_i = \sqrt{(R_i s)^2 + r^2 - 2r (R_i s) \cos \theta_i}$$

(여기서, 상기  $\theta_i$ 는 상기 각각의 사이각이고, 상기  $r_i$ 은 상기 지상국에서 상기 정지 궤도 위성까지의 거리이고, 상기  $R_i s$ 는 상기 지상국에서 상기 각각의 GPS 위성까지의 거리에 대응됨.)

**청구항 17**

제11항에 있어서,

상기 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 단계는,

하기 수학적 식 8을 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산하는 단계를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

[수학적 식 8]

$$r_i = \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2 + (Z - z_i)^2}$$

(여기서, 상기 X, Y, Z는 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표이며, 상기  $x_i, y_i, z_i$ 는 상기 각각의 GPS 위성의 위치 좌표에 대응됨.)

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 단계는,  
 상기 수학식 9를 통하여 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성의 관계에 대한 배열( $A_i$ )를 구하는 단계  
 를 더 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

[수학식 9]

$$A_i = \begin{bmatrix} \frac{(X - x_i)}{r_i} & \frac{(Y - y_i)}{r_i} & \frac{(Z - z_i)}{r_i} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{(X - x)}{r} & \frac{(Y - y)}{r} & \frac{(Z - z)}{r} \end{bmatrix}$$

**청구항 19**

제18항에 있어서,  
 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 단계는,  
 상기 수학식 10을 통하여 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표(X)를 결정하는 단계  
 를 포함하는 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법.

[수학식 10]

$$X = (A_i^T W A_i)^{-1} A_i^T r_i$$

(여기서, 상기 W는 GDOP(Geometric Dilution of Precision)에 대한 가중치(Weighting)이며, 상기  $r_i$  는 상기 하나 이상의 의사 관측값에 대응됨.)

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명의 실시예들은 GPS 위성 데이터를 이용한 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 정지 궤도 위성은 단일 지상국을 통하여 측정된 거리 데이터 및 안테나 추적 데이터를 이용하여 궤도를 결정하는 경우, 위치 정확도가 수 km 수준에 달할 수 있다.

[0003] 위성의 정확도의 근소한 차이는 통신 위성에 있어서 문제가 될 수 없지만, 기상 위성이나 기타의 정밀한 영상을 필요로 하는 위성의 경우, 정밀도가 높은 정확한 영상 데이터를 얻기 위하여 위성의 위치에 대한 정확도가 점차 요구되고 있다.

[0004] 정지 궤도 위성은 정밀하게 궤도를 결정하기 위하여 3개 이상의 지상국으로부터 측정된 데이터를 적용하여 궤도 정확도가 높일 수 있다.

[0005] 정지 궤도 위성은 단일 지상국과 거리가 가까워 방위각 관측 값에 특이점을 가질 경우, 방위각의 바이어스를 추정하기 어려울 수 있다.

[0006] 또한, 정지 궤도 위성은 3개 이상의 지상국을 사용하여 정밀 궤도 결정하는 경우, 비용이 많이 들 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 본 발명의 일실시예는 GPS 위성의 데이터를 활용하여 궤도를 결정함으로써, 비용을 줄이는 것을 목적으로 한다.
- [0008] 본 발명의 일실시예는 정밀하게 정지 궤도 위성의 위치를 결정하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 본 발명의 일실시예에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치는 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산하는 데이터 연산부, 지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정하는 측정부, 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산하는 사이각 연산부, 상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 의사 관측값 연산부, 및 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 위치 결정부를 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일측에 따르면, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보는 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성에 대한 거리, 방위각 및 고도각을 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일측에 따르면, 상기 측정부는 상기 지상국으로부터 안테나 추적 방식을 통하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 위치 정보를 측정할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일측에 따르면, 상기 데이터 연산부는 상기 하나 이상의 GPS 위성 중, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정할 측정 시간과 일치하는 GPS 위성의 궤도력을 연산할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일측에 따르면, 상기 측정부는 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이를 연산할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법은 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산하는 단계, 지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정하는 단계, 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산하는 단계, 상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산하는 단계, 및 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0015] 본 발명의 일실시예에 따르면 GPS 위성의 데이터를 활용하여 궤도를 결정함으로써, 비용을 줄일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일실시예에 따르면 정밀하게 정지 궤도 위성의 위치를 결정할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0017] 도 1은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성을 관제하는 지상국, 복수의 GPS 위성, 및 정지 궤도 위성의 통신 연결 관계를 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정을 위한 시스템을 구성한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성과 GPS 위성의 사이각을 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성과 GPS 위성의 사이각을 연산하기 위한 직각구면 삼각형의 예를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법을 도시한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0018] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0019] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필



요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

- [0020] 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치는 지상국에서 정지 궤도 위성에 대한 거리 측정(ranging) 및 각추적(antenna tracking)을 주기적으로 수행함으로써, 거리 측정과 안테나 추적 시간에 해당하는 정확한 GPS 위성의 위치를 보간법(interpolation)을 이용하여 계산할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일측에 따르면, 궤도 결정 장치는 상기 GPS 위성의 위치에 대한 기하학적인 특성을 고려하여 정지 궤도 위성의 정확한 위치를 계산할 수 있다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성을 관제하는 지상국, 복수의 GPS 위성, 및 정지 궤도 위성의 통신 연결 관계를 도시한 도면이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 지상국(110)에서 정지 궤도 위성(120) 및 각각의 GPS 위성(131~136)에 대한 거리 측정 및 각 추적(antenna tracking)을 수행함으로써, 정지 궤도 위성의 궤도를 정밀하게 결정할 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 장치는 데이터 연산부(210), 측정부(220), 사이각 연산부(230), 의사 관측값 연산부(240), 및 위치 결정부(250)를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일측에 따른 데이터 연산부(210)는 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산할 수 있다.
- [0027] 예를 들어, 데이터 연산부(210)는 상기 하나 이상의 GPS 위성 중, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정할 측정 시간과 일치하는 GPS 위성의 궤도력을 연산할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일측에 따른 측정부(220)는 지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정할 수 있다. 이때, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보는 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성에 대한 거리, 방위각 및 고도각 등을 포함할 수 있다.
- [0029] 측정부(220)는 상기 지상국으로부터 안테나 추적 방식을 통하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 위치 정보를 측정할 수 있으며, 상기 지상국을 기준으로 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이를 연산할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일측에 따른 사이각 연산부(230)는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산할 수 있다. 예를 들어, 사이각 연산부(230)는 하기 수학식 1을 통하여 상기 각각의 사이각( $\theta$ )을 연산할 수 있다.
- [0031] [수학식 1]
- [0032] 
$$\theta = \cos^{-1}(\cos \Delta\alpha \cos \Delta\theta)$$
- [0033] 여기서, 상기  $\Delta\alpha$  는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 방위각 차이이며, 상기  $\Delta\theta$  는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이에 대응될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일측에 따른 의사 관측값 연산부(240)는 상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산할 수 있다.
- [0035] 의사 관측값 연산부(240)는 하기 수학식 2를 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산할 수 있다.

[0036] [수학식 2]

$$r_i = \sqrt{(R_i s)^2 + r^2 - 2r(R_i s) \cos \theta_i}$$

[0037] 여기서, 상기  $\theta_i$ 는 상기 각각의 사이각이고, 상기  $r_i$ 은 상기 지상국에서 상기 정지 궤도 위성까지의 거리이고, 상기  $R_i s$ 는 상기 지상국에서 상기 각각의 GPS 위성까지의 거리에 대응될 수 있다.

[0038] 의사 관측값 연산부(240)는 하기 수학식 3을 통하여 상기 하나 이상의 의사 관측값( $r_i$ )을 연산할 수 있다.

[0039] [수학식 3]

$$r_i = \text{sqrt}((X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2 + (Z - z_i)^2)$$

[0040] 여기서, 상기 X, Y, Z는 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표이며, 상기  $x_i, y_i, z_i$ 는 상기 각각의 GPS 위성의 위치 좌표에 대응될 수 있다.

[0041] 의사 관측값 연산부(240)는 하기 수학식 4를 통하여 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성의 관계에 대한 배열( $A_i$ )를 구할 수 있다.

[0042] [수학식 4]

$$A_i = \begin{bmatrix} \frac{(X - x_i)}{r_i} & \frac{(Y - y_i)}{r_i} & \frac{(Z - z_i)}{r_i} \\ \frac{(X - x)}{r} & \frac{(Y - y)}{r} & \frac{(Z - z)}{r} \end{bmatrix}$$

[0043] 본 발명의 일측에 따른 위치 결정부(250)는 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정할 수 있다.

[0044] 위치 결정부(250)는 하기 수학식 5를 통하여 상기 정지 궤도 위성의 위치 좌표(X)를 결정할 수 있다.

[0045] [수학식 5]

$$X = (A_i^T W A_i)^{-1} A_i^T r_i$$

[0046] 여기서, 상기 W는 GDOP(Geometric Dilution of Precision)에 대한 가중치(Weighting)에 대응될 수 있으며, 예를 들어, GDOP을 잘 구성하는 데이터에 대해서는 가중치를 높게 두고, 그렇지 못한 데이터에 대해서는 낮은 가중치를 적용할 수 있다.

[0047] 아래에서는, 본 발명의 일측에 따른 지상국으로부터 복수의 GPS 위성의 위치 정보와 정지 궤도 위성의 위치 정보를 수신한 데이터를 이용하여 정지 궤도 위성의 위치를 결정하는 과정을 상세히 설명하도록 한다.

[0048] 도 3은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정을 위한 시스템을 구성한 도면이다.

[0049] 도 3을 참조하면, 정지 궤도 위성 관제를 위한 지상국은 GPS 수신기를 설치하고, 전체적인 시스템에 대한 시각을 GPS 수신기와 동기화 시킨다.

[0050] 정지 궤도 위성의 위치(X, Y, Z)로부터 각각의 GPS1( $x_1, y_1, z_1$ ), GPS2( $x_2, y_2, z_2$ ), GPS3( $x_3, y_3, z_3$ ), 및 정지 궤도 위성 관제를 위한 지상국( $x, y, z$ )에 대한 거리는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

[0051] [수학식 6]

$$r_1 = \text{sqrt}((X - x_1)^2 + (Y - y_1)^2 + (Z - z_1)^2)$$

[0057]  $r_2 = \sqrt{(X-x_2)^2 + (Y-y_2)^2 + (Z-z_2)^2}$

[0058]  $r_3 = \sqrt{(X-x_3)^2 + (Y-y_3)^2 + (Z-z_3)^2}$

[0059] ∷

[0060]  $r = \sqrt{(X-x)^2 + (Y-y)^2 + (Z-z)^2}$

[0061] 예를 들어, 궤도 결정 장치는 하기의 기하학적인 관계를 r1의 의사 관측 값을 구할 수 있다.

[0062] 이때, 상기 r 값은 지상국에서 정지 궤도 위성까지의 거리이며, 상기 각각의 R1s, R2s, 및 R3s는 GPS 위성에서 정지 궤도 위성의 관측 지상국까지의 거리이다. 또한, 상기 각각의 θ1, θ2, 및 θ3는 지상국에서 상기 각각의 GPS 위성까지 거리, 지상국에서 정지 궤도 위성까지의 방위각과 고도각을 이용하여 연산할 수 있다.

[0063] 도 4는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성과 GPS 위성의 사이각을 도시한 도면이다.

[0064] 지상국은 안테나 추적을 수행하여 도 4에 도시된 바와 같이, GPS 위성의 정확한 위치를 파악할 수 있으므로, 지상국에서 각각의 GPS 위성까지의 방위각과 고도각도 정확하게 연산할 수 있다.

[0065] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 지상국에서 정지 궤도 위성까지의 방위각 및 고도각, 각각의 GPS 위성 에 대한 방위각 및 고도각의 차이를 이용하여 직각구면 삼각형(Right Spherical Triangle) 공식에 대입함으로써, 상기 각각의 θ1, θ2, 및 θ3 를 연산할 수 있다.

[0066] 도 5는 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성과 GPS 위성의 사이각을 연산하기 위한 직각구면 삼각형의 예를 도시한 도면이다.

[0067] 궤도 결정 장치는 도 5와 같이 상기 각각의 GPS 위성 및 상기 정지 궤도 위성의 사이각을 연산할 수 있다.

[0068] 도 5를 참조하면, 상기 θ는 도 3에 도시된 각각의 θ1, θ2, 및 θ3에 대응될 수 있으며, 상기  $\Delta\theta$  는 지상국 을 기준으로 정지 궤도 위성과 각각의 GPS 위성에 대한 고도각의 차이에 대응될 수 있고, 상기  $\Delta\alpha$  는 정지 궤도 위성과 각각의 GPS 위성에 대한 방위각 차이에 대응될 수 있다.

[0069] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 상기 각각의 고도각과 방위각에 대한 차이를 기반으로, 상기 수학식 1 내지 6과 하기 수학식 7을 이용하여 정지 궤도 위성과 각각의 GPS 위성의 사이각을 연산할 수 있다.

[0070] [수학식 7]

[0071] 
$$r_1 = \sqrt{(R1s)^2 + r^2 - 2r (R1s) \cos\theta_1}$$

[0072] 
$$r_2 = \sqrt{(R2s)^2 + r^2 - 2r (R2s) \cos\theta_2}$$

[0073] 
$$r_3 = \sqrt{(R3s)^2 + r^2 - 2r (R3s) \cos\theta_3}$$

[0074] 궤도 결정 장치는 도 3에 도시된 바와 같이, 각각의 GPS 위성과 정지 궤도 위성에 대한 각각의 사이각인 θ1, θ2, 및 θ3를 구할 수 있으므로, 코사인 제2 법칙을 이용하여 의사 관측 값인 r1, r2, r3을 구할 수 있다.

[0075] 궤도 결정 장치는 상기 R1s, R2s, R3s, 즉, 지상국에서 각각의 GPS 위성까지의 거리 데이터에서 관측 데이터에 포함된 바이어스 및 오차, 예를 들어, 시계오차, 전리층, 대류층, 다중경로 등을 제거할 수 있다.

[0076] 궤도 결정 장치는 상기 수학식 4를 통하여 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성의 관계에 대한 배열 (A<sub>i</sub>)를 구할 수 있다. 이때, 궤도 결정 장치는 상기 수학식 1의 지상국과 정지 궤도 위성에 대한 거리 측정 값을 상기 행렬 A에 포함시킬 수 있다.

- [0077] 궤도 결정 장치는 3개 이상의 의사 관측값을 추정함으로써, 정지 궤도 위성의 정확한 위치인 X, Y, Z값을 추정할 수 있으며, 각 시간에 해당하는 Least Square Estimator(LSE)을 사용할 수 있다.
- [0078] 궤도 결정 장치는 지상국에서 정지 궤도 위성과 GPS 위성들의 DOP(Dilution of Precision)을 고려하여 가장 위치 결정이 좋은 GDOP를 계산할 수 있으며, GPS 위성들로 수학적 2의 공간 배열(Configuration)을 설정하여 정지 궤도 위성의 위치를 추정할 수 있다.
- [0079] 궤도 결정 장치는 지상국에서 통신 가능한 고도각이 0도 이상인 GPS 위성들에 대하여, 상기 수학적식들을 적용함에 따라 다른  $r_4$ ,  $r_5$ ,  $r_6$  및 사이각  $\theta_4$ ,  $\theta_5$ ,  $\theta_6$ 을 계산할 수 있다.
- [0080] 궤도 결정 장치는 BLSE(Batch Least Square Estimator) 필터를 이용하여 상기 수학적식 5를 적용함으로써, 정지 궤도 위성의 정밀 위치를 결정할 수 있다.
- [0081] 궤도 결정 장치는 가시적 GPS 위성의 데이터를 모두 처리할 수 있으며, 동일 시간에 많은 관측 데이터를 이용하여 각 시간 기점(epoch)마다 궤도를 결정할 수 있을 뿐만 아니라, 특정 길이, 예를 들어, 하루, 이틀, 삼일 치 데이터에 대해서 BLSE(Batch Least Square Estimator)를 이용하여 궤도를 결정할 수 있다.
- [0082] 도 6은 본 발명의 일측에 따른 정지 궤도 위성의 궤도 결정 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0083] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치를 연산할 수 있다(610).
- [0084] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 지상국을 기준으로 정지 궤도 위성의 위치 정보를 측정할 수 있다(620).
- [0085] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 상기 정지 궤도 위성과 상기 각각의 GPS 위성 사이의 각각의 사이각을 연산할 수 있다(630).
- [0086] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 상기 하나 이상의 GPS 위성의 궤도 및 위치, 상기 정지 궤도 위성의 위치 정보, 및 상기 각각의 사이각을 이용하여 상기 정지 궤도 위성에 대한 하나 이상의 의사 관측값을 연산할 수 있다(640).
- [0087] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 상기 의사 관측값을 이용하여 상기 정지 궤도 위성의 궤도를 결정할 수 있다(650).
- [0088] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 GPS 위성의 거리 데이터와 정지 궤도 위성의 거리, 방위각, 고도각 등의 데이터를 활용하여 정지 궤도 위성의 위치를 결정할 수 있다.
- [0089] 본 발명의 일측에 따른 궤도 결정 장치는 GPS 위성의 위치 정보를 활용하여 단일 지상국을 사용하더라도 방위각 바이어스를 제거할 수 있으며, 의사 거리 측정값으로 정지 궤도 위성의 위치를 정확하게 결정할 수 있다.
- [0090] 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.
- [0091] 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 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

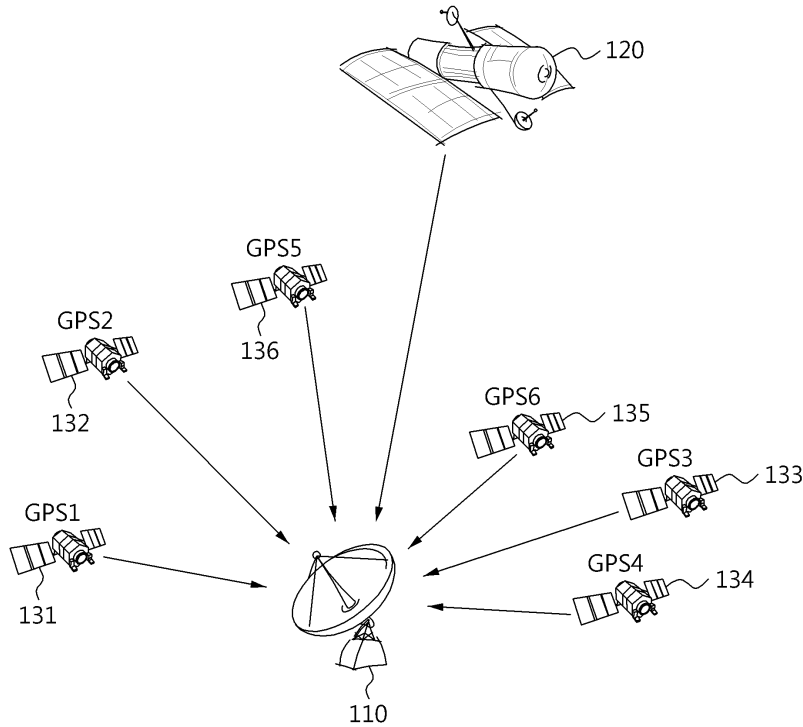
[0092] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

**부호의 설명**

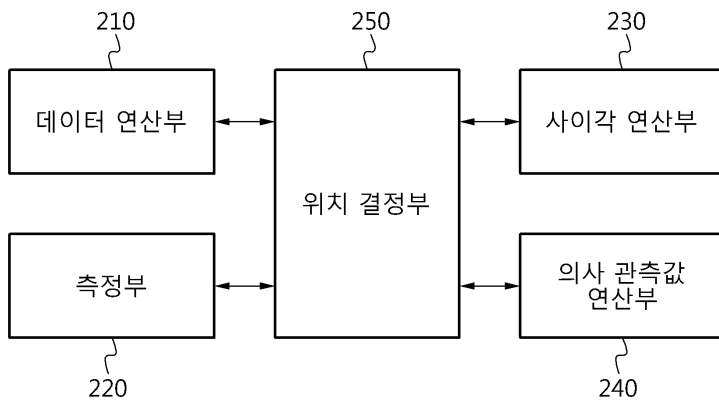
- [0093] 210: 데이터 연산부
- 220: 측정부
- 230: 사이각 연산부
- 240: 의사 관측값 연산부
- 250: 위치 결정부

**도면**

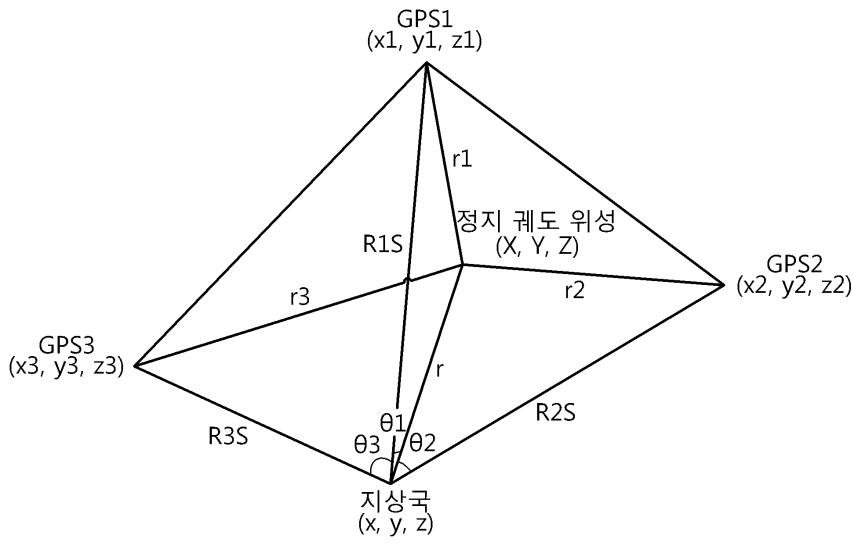
**도면1**



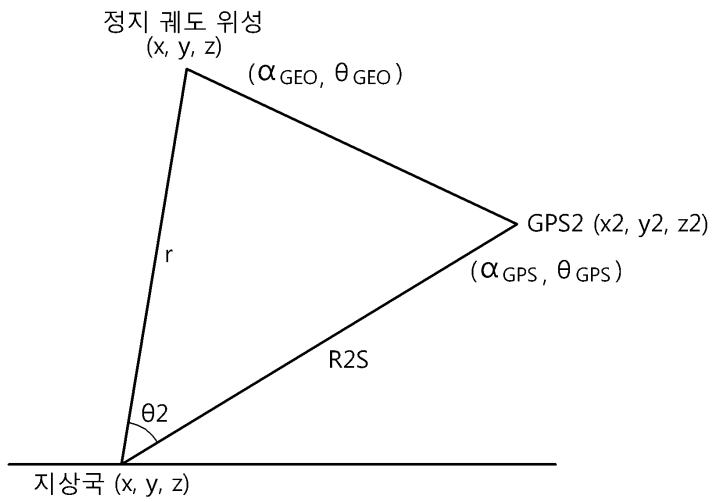
**도면2**



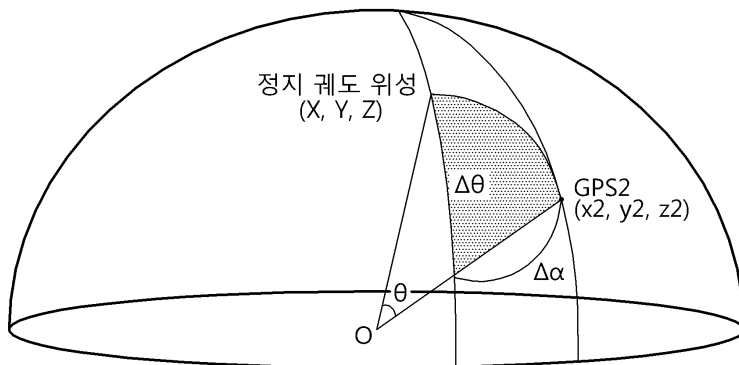
도면3



도면4



도면5



도면6

