



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년06월08일
(11) 등록번호 10-1151670
(24) 등록일자 2012년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 19/39 (2010.01) G08G 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0134274
(22) 출원일자 2011년12월14일
심사청구일자 2011년12월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060051579 A
JP2005106568 A
KR1020070079345 A
KR1020030052838 A

(73) 특허권자
한국항공우주연구원
대전광역시 유성구 과학로 169-84 (어은동)
(72) 발명자
윤영선
대전광역시 유성구 과학로 115번지 한국항공우주
연구원 위성항법팀
조정호
대전광역시 유성구 과학로 115번지 한국항공우주
연구원 위성항법팀
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이문욱

전체 청구항 수 : 총 4 항

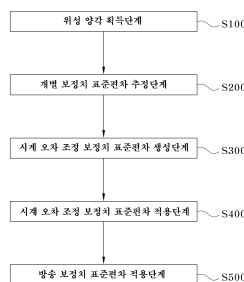
심사관 : 유진태

(54) 발명의 명칭 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법

(57) 요약

본 발명은 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법에 관한 것으로, 각각의 항법위성(i)에서 수신된 신호로부터 항법 위성의 위치를 계산한 다음, 수신기의 위치를 기준으로 각각의 항법 위성의 양각을 획득하는 위성 양각 획득단계(S100)와; 각각의 항법위성(i)으로부터 수집한 항법 신호 측정치를 이용하여 위성 양각에 따른 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)를 계산하는 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)와; 상기 위성양각 획득단계(S100)에서 획득된 각각의 항법위성(i)에 대한 양각 및 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 생성된 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)로부터 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 생성하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)와; 상기 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)에서 생성된 각각의 항법위성(i)에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 무결성 감시 알고리즘에 적용하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계(S400) 및; 방송 메시지에 표준편차를 입력하는 방송 보정치 표준편차 적용단계(S500)로 이루어지는 것을 특징으로 하며, 이에 의해 시스템의 무결성 요건이 충족되며 가용성 예측 성능이 향상된다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

허문범

대전광역시 유성구 과학로 115번지 한국항공우주
연구원 위성항법팀

남기욱

대전광역시 유성구 과학로 115번지 한국항공우주
연구원 위성항법팀

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615002217

부처명 국토해양부

연구사업명 항공선진화사업

연구과제명 위성항법 지역보강시스템 운용기술 개발

주관기관 한국항공우주연구원

연구기간 2011.09.05 ~ 2012.09.04

특허청구의 범위

청구항 1

기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려하여 GNSS 의사거리 보정치 표준편차를 설정하는 위성항법 보강시스템에 있어서,

각각의 항법위성(\vec{r})에서 수신된 신호로부터 항법 위성의 위치를 계산한 다음, 수신기의 위치를 기준으로 각각의 항법 위성의 양각을 획득하는 위성 양각 획득단계(S100)와;

각각의 항법위성(\vec{r})으로부터 수집한 항법신호 측정치를 이용하여 위성 양각에 따른 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)를 계산하는 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)와;

상기 위성양각 획득단계(S100)에서 획득된 각각의 항법위성(\vec{r})에 대한 양각 및 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 생성된 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)로부터 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 생성하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)와;

상기 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)에서 생성된 각각의 항법위성(\vec{r})에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 무결성 감시 알고리즘의 입력값으로 의사거리 보정치 표준편차 대신 입력하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계(S400) 및;

방송 메시지에 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)를 입력하는 방송 보정치 표준편차 적용단계(S500)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서의 각각의 항법위성(\vec{r})에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)는 각각의 위성 양각에 따른 가중치 함수($k(el_i)$)를 사용하여 아래의 수학식 8에 의해 구하는 것을 특징으로 하는 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법.

[수학식 8]

$$C_{CA} = (I - K)C_{NCA}(I - K)^T$$

여기서, C_{CA} (시계오차 조정을 고려한 경우의 공분산), C_{NCA} (시계오차 조정을 고려하지 않은 경우의

공분산) 및 K (가중치 함수 행렬)는 각각 아래와 같다.

$$C_{CA} = \begin{pmatrix} \sigma_{CA}^2(el_1) & & & cov(i,j)_{CA} \\ & \ddots & & \\ & & \sigma_{CA}^2(el_i) & \\ cov(j,i)_{CA} & & & \ddots \\ & & & & \sigma_{CA}^2(el_N) \end{pmatrix}$$

$$C_{NCA} = \begin{pmatrix} \sigma_{NCA}^2(el_1) & & & 0 \\ & \ddots & & \\ & & \sigma_{NCA}^2(el_i) & \\ 0 & & & \ddots \\ & & & & \sigma_{NCA}^2(el_N) \end{pmatrix}$$

$$K = \begin{pmatrix} k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \end{pmatrix}$$

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 방송 보정치 표준편차 적용단계(S500)에서 방송 메시지에 입력되는 표준편차는 상기 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 추정된 시계오차 조정 효과를 고려하지 않은 의사거리 보정치의 표준편차

$(\sigma_{NCA}(el_i))$ 인 것을 특징으로 하는 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 위성 양각에 따른 의사거리 보정치의 표준편차

$(\sigma_{NCA}(el_i))$ 를 계산할 때 사이클 슬립이 발생하지 않는 것으로 가정하여 계산하는 것을 특징으로 하는 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법.

명세서

기술분야

본 발명은 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기준국에서 수행되는 수신기 시계오차 조정에 의한 효과를 고려하여 의사거리 보정치의 표준편차를 설정함으로써 결과적으로 무결

[0001]

성 감시 알고리즘의 성능과 사용자의 위치오차 수준을 더욱 정확하게 추정할 수 있도록 하는 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 항공기의 정밀 이착륙을 지원하는 GBAS(Ground Based Augmentation System) 등의 위성항법 보강시스템은 항공기가 GPS 등의 위성항법시스템(GNSS)을 이용하여 활주로로 정밀접근을 수행할 수 있도록 GNSS 신호에 대한 보정 정보와 무결성 정보 등을 생성하여 항공기의 항법 시스템에 전달하는 기능을 수행한다.
- [0003] 항공기 시스템은 위성항법 보강시스템으로부터 전달받은 이들 정보를 기반으로 하여 항공기의 정확한 위치 정보를 계산하고 활주로의 위치 정보를 이용하여 기체가 진행해야 할 궤적을 생성한 다음, 이를 추종하기 위한 제어를 수행함으로써 원하는 활주로의 안전하게 접근하게 된다.
- [0004] 이때 항공기에서 계산한 위치 정보가 실제로 어느 정도의 오차 수준을 가지고 있는가를 추정하기 위해 지상 기준국에서는 생성된 의사거리 보정치의 오차 수준을 예측하여 표준편차의 형태로 방송하고"라는 기재를 "이때 항공기에서 계산한 위치 정보가 실제로 어느 정도의 오차 수준을 가지고 있는가를 추정하기 위해 지상 기준국에서는 생성된 의사거리 보정치의 오차 수준을 예측하여 표준편차의 형태로 방송(이하, 이를 '방송 메시지'라 한다)하고, 항공기에서는 표준 편차를 이용하여 자신이 가질 수 있는 위치 오차의 범위(Protection Level)를 계산한 다음, 이를 해당 작업에서 요구되는 위치 오차의 수준(Alert Limit)과 비교함으로써 계산된 위치해를 해당 작업에 사용할 것인지 여부를 결정하게 된다.
- [0005] 따라서 계산된 표준 편차는 보정치의 실제 오차 수준을 정확하게 반영하여야 하며 그렇지 못한 경우 시스템의 무결성, 가용성, 연속성 성능에 영향을 미치게 되므로 시스템 요구 조건을 만족할 수 없게 되기 때문에 보정치의 실제 오차 수준을 정확하게 반영할 수 있도록 하는 표준 편차 설정방법의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 요구에 부응하여 안출된 것으로, 본 발명은 시스템이 요구하는 성능을 만족할 수 있도록 기준국에서 수행되는 수신기 시계오차 조정에 의한 효과를 고려하여 의사거리 보정치의 표준편차를 설정함으로써 결과적으로 기준국 무결성 감시 알고리즘의 연속성 및 무결성 성능과 사용자의 위치오차 수준을 더욱 정확하게 추정할 수 있도록 하는 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기와 같은 본 발명의 목적은 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법을, 각각의 항법위성에서 수신된 신호로부터 항법 위성의 위치를 계산한 다음, 수신기의 위치를 기준으로 각각의 항법 위성의 양각을 획득하는 위성 양각 획득단계와; 각각의 항법위성으로부터 수집한 항법신호 측정치를 이용하여 위성 양각에 따른 의사거리 보정치의 표준편차를 계산하는 개별 보정치 표준편차 추정단계와; 상기 위성양각 획득단계에서 획득된 각각의 항법위성에 대한 양각 및 개별 보정치 표준편차 추정단계에서 생성된 의사거리 보정치의 표준편차로부터 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차를 생성하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계와; 상기 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계에서 생성된 각각의 항법위성에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차를 무결성 감시 알고리즘에 적용하는 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계 및; 방송 메시지에 표준편차를 입력하는 방송 보정치 표준편차 적용단계로 구성하는 것에 의해 달성된다.

발명의 효과

- [0008] 본 발명은 기존에 고려되지 않았던 수신기 시계오차 조정 효과를 고려하여 생성된 의사거리 보정치의 표준편차를 무결성 감시 알고리즘에 적용함으로써 무결성 감시 알고리즘의 입력으로 설정되는 변수들의 실제 오차 수준을 정확하게 반영하도록 하여 무결성 감시 알고리즘의 연속성 및 무결성 성능을 정확하게 예측하도록 한

다.

[0009] 또한 본 발명은 시계오차 조정 효과를 고려하기 전의 개별 보정치 표준편차를 보정정보 방송 메시지 생성에 적용함으로써 사용자는 자신이 가질 수 있는 위치해의 오차수준을 실제와 유사하게 계산함으로써 시스템 전체의 연속성, 무결성 및 가용성 성능을 정확하게 예측할 수 있도록 한다.

[0010] 이에 더하여 본 발명은 수신기 시계오차 조정 효과를 고려하지 않았을 경우 시스템 성능이 실제와 다르게 계산되어 실제로는 성능을 만족시키지 못하였음에도 불구하고 만족하는 것으로 판단함으로써 발생할 수 있는 문제를 사전에 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 위성항법보강시스템의 구성, 방송되는 보정 정보의 내용 등에 대한 개념을 도시한 도면,
- 도 2는 본 발명에 따른 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법의 개요를 도시한 흐름도,
- 도 3은 본 발명에 따른 기준국 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법의 절차를 도시한 흐름도,
- 도 4는 의사거리 보정치의 오차와, 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않은 표준편차 및 수신기 시계오차 조정을 고려한 표준편차의 분포를 위성양각에 따라 나타낸 그래프,
- 도 5는 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않았을 경우의 오경보율을 나타낸 그래프,
- 도 6은 MRCC 무결성 감시 기법을 사용하여 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않았을 경우와 고려한 경우의 고장검출 시간을 나타낸 그래프,
- 도 7은 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차를 사용한 경우와 고려하지 않은 표준편차를 사용한 경우의 사용자의 수직 위치 오차 수준을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하에서는 바람직한 실시예를 도시한 첨부 도면을 통해 본 발명의 구성을 더욱 상세히 설명한다.
- [0013] 본 발명은 도 2에 도시된 바와 같이 수신기 시계오차 조정 효과를 고려하여 생성된 의사거리 보정치의 표준편차를 생성하고 무결성 감시 알고리즘 및 보정정보 방송 메시지에 적용하기 위한 것으로, 이를 위해 본 발명은 도 3에 도시된 바와 같은 위성 양각 획득단계(S100), 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200), 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300), 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계(S400) 및 방송 보정치 표준편차 적용단계(S500)를 포함한다.
- [0014] 이하에서는 상기 각각의 단계에 대해 더욱 구체적으로 설명한다.
- [0015] (1) 위성 양각 획득단계(S100)
- [0016] 이 단계는 사전에 혹은 실시간으로 수집한 각각의 항법위성(i)에서 수신된 신호로부터 측정된 측정치 중 궤도정보(Ephemeris)에서 위성 궤도 파라미터를 추출하여 각 측정치 수집 시간에서의 항법 위성의 위치를 계산한 다음, 수신기의 위치를 기준으로 각각의 항법 위성의 양각을 획득하는 단계이다.
- [0017] 여기서 양각(elevation angle, 仰角)이란 기준국 수신기를 기준으로 항법위성(i)이 수평면과 이루는 각을 말하는데, 본 발명에서 양각을 구할 때는 모든 가시위성 중 보정정보 생성에 사용되는 항법위성(i)에 대한

양각(el_i)을 모두 구한다.

[0018] (2) 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)

[0019] 이 단계는 각각의 항법위성(i)으로부터 미리 수집한 항법신호 측정치를 이용하여 위성의 양각에 따른 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)를 계산하는 단계이다.

[0020] 수신국에서 수신된 항법위성으로부터의 신호에 의한 의사거리 측정치(PR_m^n)와 반송파 측정치(CP_m^n)는 각각 아래의 수학적 식 1과 수학적 식 2로 표현되고, 수학적 식 1의 의사거리 측정치(PR_m^n)로부터 수학적 식 2의 반송파 측정치(CP_m^n)를 뺀 의사거리-반송파 차분값(CMC_m^n , Code Minus Carrier)은 아래의 수학적 식 3과 같이 표현된다.

[0021] [수학적 식 1]

[0022]
$$PR_m^n = R_m^n + \delta R_m^n + t^n + t_m + iono_m^n + tropo_m^n + n_m^n$$

[0023] 여기서, m 은 기준국 수신기, n 은 항법위성, R_m^n 은 위성궤도 정보를 이용하여 계산한 수신기(m)와 항법위성(n)간의 거리, δR_m^n 은 위성궤도 오차에 따른 수신기(m)와 항법위성(n)간의 거리오차, t^n 은 항법위성(n)의 시계오차, t_m 은 수신기(m)의 시계오차, $iono_m^n$ 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 전리층 지연 오차, $tropo_m^n$ 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 대류층 지연 오차, n_m^n 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 의사거리 측정치(PR_m^n)의 수신기 잡음 및 다중 경로에 따른 오차이다.

[0024] [수학적 식 2]

[0025]
$$CP_m^n = R_m^n + \delta R_m^n + t^n + t_m - iono_m^n + tropo_m^n + \lambda N_m^n + e_{m,n}^n$$

[0026] 여기서 m 은 기준국 수신기, n 은 항법위성, R_m^n 은 위성궤도 정보를 이용하여 계산한 수신기(m)와 항법위성(n)간의 거리, δR_m^n 은 위성궤도 오차에 따른 수신기(m)와 항법위성(n)간의 거리오차,

t^n 은 항법위성(n)의 시계오차, t_m 은 수신기(m)의 시계오차, $iono_m^n$ 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 전리층 지연 오차, $tropo_m^n$ 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 대류층 지연 오차, N_m^n 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 반송파 미지정수, λ 은 반송파 파장, e_m^n 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 반송파 측정치(CP_m^n)의 수신기 잡음 및 다중경로에 따른 오차이다.

[0027] [수학식 3]

[0028]
$$CMC_m^n = PR_m^n - CP_m^n = 2iono_m^n - \lambda N_m^n + n_m^n - e_m^n$$

[0029] 여기서, CMC_m^n 은 의사거리-반송파 차분값, PR_m^n 은 의사거리 측정치, CP_m^n 은 반송파 측정치, $iono_m^n$ 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 전리층 지연 오차, N_m^n 은 수신기(m)와 항법위성(n)간의 반송파 미지정수, λ 은 반송파 파장, n_m^n 및 e_m^n 은 각각 수신기(m)와 항법위성(n)간의 의사거리 측정치(PR_m^n) 및 반송파 측정치(CP_m^n)의 수신기 잡음 및 다중경로에 따른 오차이다.

[0030] 위 수학식 3에서 전리층 지연오차 성분($iono_m^n$)은 이중(二重) 주파수 반송파 측정치를 이용하여 제거할 수 있고, 반송파 미지정수 성분(N_m^n)은 사이클 슬립(Cycle Slip, 반송파 신호의 일시적인 손실에 의한 반송파 측정값의 끊김 현상)이 발생하지 않는다고 가정하면 일정한 상수이므로 쉽게 제거할 수 있다.

[0031] 따라서 상기와 같은 과정을 거치게 되면, 상기 수학식 3은 아래의 수학식 4와 같이 표현될 수 있는데, 일반적으로 e_m^n 는 n_m^n 에 비해 매우 작은 값을 가지기 때문에 결국 위 수학식 3은 아래의 수학식 5와 같이 표현되며, 따라서 수신기(m)와 항법위성(n)간의 의사거리 측정치(PR_m^n)의 수신기 잡음 및 다중경로에 따른 오차(n_m^n)의 표준편차를 각각의 위성 양각에 따라 계산하게 되면 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)를 구할 수 있다.

[0032] [수학식 4]

[0033]
$$CMC_m^n = n_m^n - e_m^n$$

[0034] [수학식 5]

[0035]
$$\widehat{CMC}_m^n \simeq n_m^n$$

[0036] 위 수학식 4 및 수학식 5에서 \widehat{CMC}_m^n 는 바이어스 성분이 제거된 의사거리-반송파 차분값, n_m^n 및 e_m^n 은 각각 수신기(m)와 항법위성(n)간의 의사거리 측정치(PR_m^n) 및 반송파 측정치(CP_m^n)의 수신기 잡음 및 다중경로에 따른 오차이다.

[0037] (3) 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)

[0038] 이 단계는 위 위성양각 획득단계(S100)에서 획득된 각각의 항법위성(i)에 대한 양각 및 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 생성된 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)로부터 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 생성하는 단계로서, 이때 각각의 위성 양각에 따른 가중치 함수($k(el_i)$)가 사용되는데, 이러한 가중치 함수($k(el_i)$)는 아래의 수학식 6과 같이 의사거리 보정치 계산을 위해 사용된 시계오차 조정 과정에서 적용되며, 그 값은 시스템 설계시에 정해진다.

[0039] [수학식 6]

[0040]
$$PRc_m^n = PRct_m^n - \sum_{i=1}^N k(el_i) \cdot PRct_m^i$$

[0041] [수학식 7]

[0042]
$$PRct_m^n = PR_m^n - R_m^n$$

[0043] 위 수학식 6 및 수학식 7에서 PRc_m^n 은 시계조정 후의 의사거리 보정치, $PRct_m^n$ 은 시계조정 전의 의사거리 보정치, $k(el_i)$ 은 가중치 함수, N 은 가시 위성의 개수, R_m^n 은 위성궤도 정보를 이용하여 계산한 수신기(m)와 항법위성(n)간의 거리이다.

[0044] 즉, 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)에 대해 각각의 위성 양각에 따른 가중치 함수

($k(el_i)$)를 사용하여 아래의 수학적 식 8과 같이 계산하면 시계오차 조정을 고려한 공분산(C_{CA})이 계산되고, 계산결과 나타난 공분산(C_{CA}) 행렬로부터 대각선 행렬의 값을 취하면 각각의 항법위성(\vec{i})에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 얻을 수 있다.

[0045] [수학적 식 8]

[0046]
$$C_{CA} = (I - K)C_{NCA}(I - K)^T$$

[0047] 여기서, C_{CA} (시계오차 조정을 고려한 경우의 공분산), C_{NCA} (시계오차 조정을 고려하지 않은 경우의 공분산) 및 K (가중치 함수 행렬)는 각각 다음과 같다.

[0048]
$$C_{CA} = \begin{pmatrix} \sigma_{CA}^2(el_1) & & & cov(i,j)_{CA} \\ & \ddots & & \\ & & \sigma_{CA}^2(el_i) & \\ cov(j,i)_{CA} & & & \ddots \\ & & & & \sigma_{CA}^2(el_N) \end{pmatrix}$$

[0049]
$$C_{NCA} = \begin{pmatrix} \sigma_{NCA}^2(el_1) & & & 0 \\ & \ddots & & \\ & & \sigma_{NCA}^2(el_i) & \\ 0 & & & \ddots \\ & & & & \sigma_{NCA}^2(el_N) \end{pmatrix}$$

[0050]
$$K = \begin{pmatrix} k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \\ \vdots \quad \ddots \quad \vdots \quad \ddots \quad \vdots \\ k(el_1) \cdots k(el_i) \cdots k(el_N) \end{pmatrix}$$

[0051] (4) 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계(S400)

[0052] 이 단계는 위 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)에서 생성된 각각의 항법위성(\vec{i})에 대한 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 무결성 감시 알고리즘에 적용하는 단계이다.

[0053] 무결성 감시 알고리즘으로서는 MRCC, Sigma/Mean Estimation 등이 알려져 있는데, 본 발명에서도 공지의 무결성 감시 알고리즘 중 어느 하나의 알고리즘을 사용한다.

[0054] 일반적으로 무결성 감시 알고리즘은 의사거리 보정치 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)를 감시 수행을 위한 입력값으로 요구하는데, 본 발명에서는 통상의 방법과 달리 위에서 시계오차 조정 보정치 표준편차 생성단계(S300)에서 생성된 표준편차를 의사거리 보정치 표준편차로서 입력하며, 이에 의해 보정치의 실제 오차 수준이 정확하게 반영되고, 그 결과 시스템의 무결성 감시 능률과 가용성 및 연속성 예측 성능이 향상된다.

[0055] (5) 방송 보정치 표준편차 적용단계(S500)

[0056] 이 단계는 상기 개별 보정치 표준편차 추정단계(S200)에서 추정된 표준편차를 방송 메시지에 표준 형식에 따라 입력하는 단계이다. 이때 방송 메시지에는 표준편차는 시계오차 조정 보정치 표준편차 적용단계(S400)에서

적용된 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)가 입력되는 것이 아니라 시계오차 조정 효과를 고려하지 않은 의사거리 보정치의 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)가 입력되는데 이에 의해 항공기에서는 표준편차를 이용하여 자신이 가질 수 있는 위치 오차의 범위를 계산하여 이를 해당 작업에서 요구되는 위치 오차의 수준과 비교함으로써 계산된 위치해를 해당 작업에 사용할 것인지 여부를 결정할 수 있게 되는 것이다.

[0057] 본 발명자들은 위에서 설명한 바와 같은 구성으로 이루어진 본 발명의 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차 설정방법의 유효성을 확인하기 위해 이러한 표준편차를 사용하지 않는 방법을 사용하였을 때와 전산 시뮬레이션을 통해 비교 실험을 수행하였다.

[0058] 도 4는 의사거리 보정치의 오차와, 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않은 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$) 및 수신기 시계오차 조정을 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)의 분포를 위성양각에 따라 나타낸 그래프로서 수신기 시계오차 조정을 고려한 표준편차($\sigma_{CA}(el_i)$)가 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않은 표준편차($\sigma_{NCA}(el_i)$)에 비해 전반적으로 변화폭이 크다는 것을 알 수 있는데, 이는 실제 의사거리 보정치의 오차가 해당 위성의 양각뿐만 아니라 같은 시간에 보이는 다른 위성의 양각에 의한 영향을 크게 받는다는 것을 의미한다.

[0059] 또한 도 5는 MRCC 무결성 감시 기법을 사용하여 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않았을 경우의 오경보율을 나타낸 그래프로서 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않았을 경우에는 오경보율이 요구 오경보율(expected fault free detection rate)을 벗어나는 결과를 가질 수 있음을 보여주고 있으며, 이는 곧 시스템의 연속성 요건이 충족될 수 없음을 의미한다.

[0060] 반면, 수신기 시계오차 조정을 고려한 경우에는 검정통계량의 분포를 정확하게 알고 있기 때문에 실제 오경보율과 요구 오경보율이 동일하다.

[0061] 도 6은 MRCC 무결성 감시 기법을 사용하여 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않았을 경우와 고려한 경우의 고

장검출 시간을 나타낸 그래프로서 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않은 경우(Established $\sigma_{pr.gnd,CA}$)

에는 수신기 시계오차 조정을 고려한 경우에 얻은 결과(True $\sigma_{pr.gnd,CA}$)와 상당히 다른 결과를 가질 수 있음을 보여주고 있는데, 이는 곧 수신기 시계오차 조정을 고려하지 않은 경우에는 시스템의 무결성 요구조건이 충족될 수 없다는 것을 의미한다.

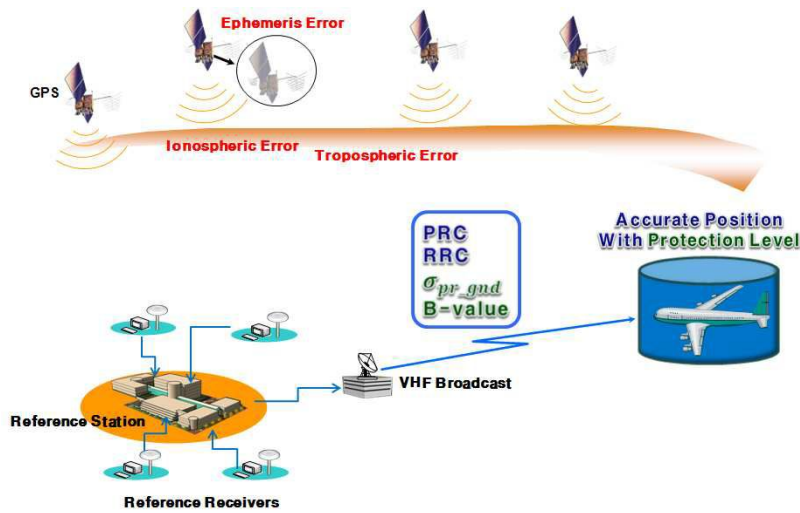
[0062] 그리고 도 7은 수신기 시계오차 조정 효과를 고려한 표준편차를 사용한 경우와 고려하지 않은 표준편차를 사

용한 경우의 사용자의 수직 위치 오차 수준을 나타낸 그래프로서 방송 메시지를 위해 수신기 시계오차 조정을 고려한 표준편차(Sigma considering CA)를 그대로 방송하였을 경우에는 사용자가 추정한 실제 위치오차 수준(Sigma not considering CA)과 다른 예측 결과를 가질 수 있음을 보여주고 있는데, 이는 곧 수신기 시계오차 조정을 고려한 표준편차를 사용하는 경우에는 시스템의 무결성 요구조건이 충족될 수 없고, 실제 가용성 성능과는 다르게 예측할 수 있다는 것을 의미한다.

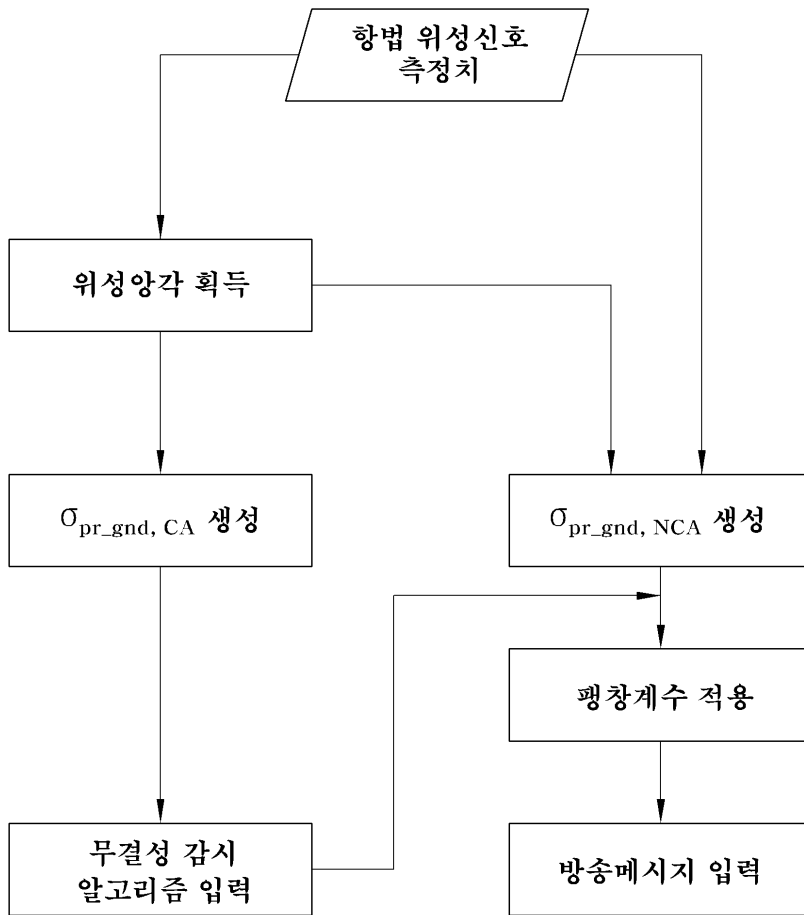
[0063] 이상의 결과로부터 본 발명에 따른 GNSS 의사거리 보정치 표준편차 설정방법을 사용하는 경우에는 시스템의 무결성 요구조건이 충족되며 정확하게 가용성을 예측할 수 있다는 것을 알 수 있다.

도면

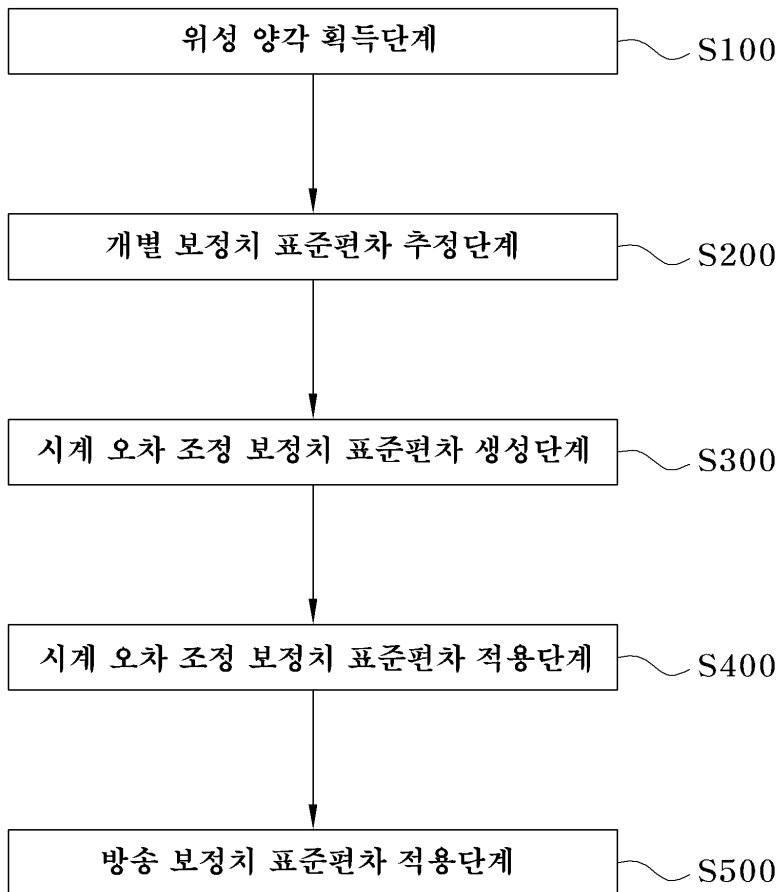
도면1



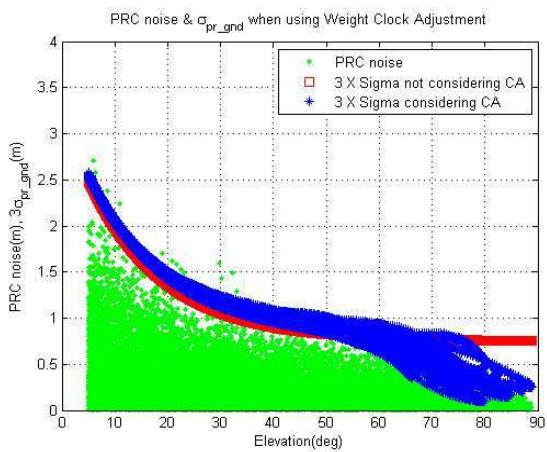
도면2



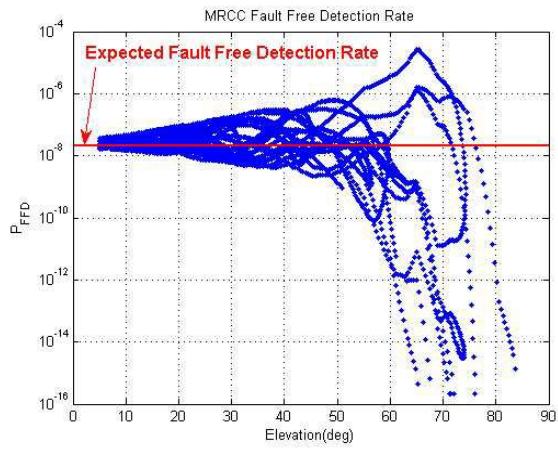
도면3



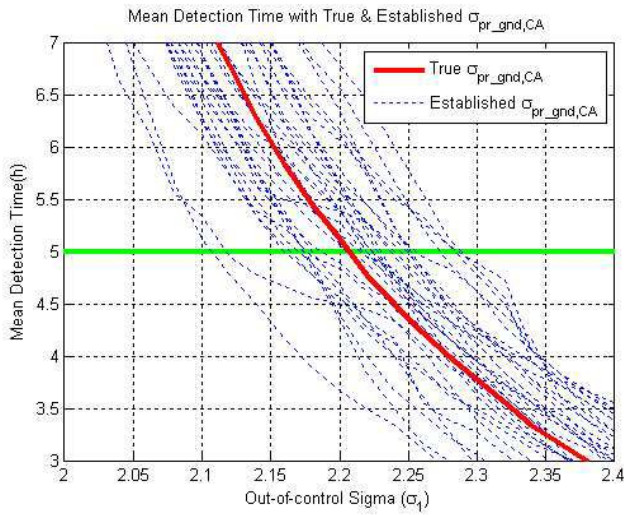
도면4



도면5



도면6



도면7

