



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월20일

(11) 등록번호 10-2253329

(24) 등록일자 2021년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 19/40 (2010.01) G01S 19/07 (2010.01)

G01S 19/42 (2010.01) G01S 19/51 (2010.01)

G01S 19/52 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01S 19/40 (2013.01)

G01S 19/07 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2020-0163922

(22) 출원일자 2020년11월30일

심사청구일자 2020년11월30일

(56) 선행기술조사문헌

JP2012515352 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

박병운

서울특별시 양천구 목동서로 37, 1106호(목동)

이은영

서울특별시 광진구 천호대로110길 36(능동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김민성

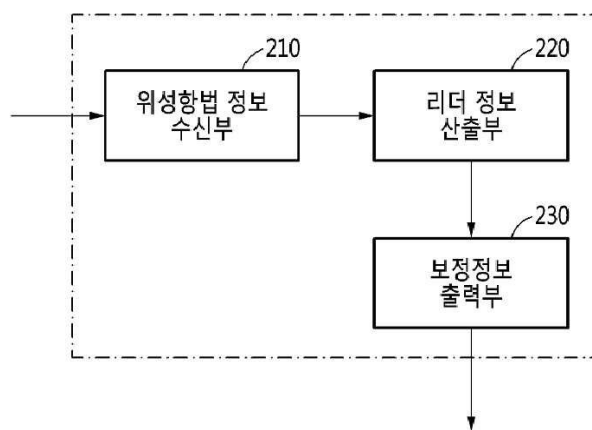
(54) 발명의 명칭 상대 측위 결과의 신속 출력을 위한 위성항법 시스템

## (57) 요약

본 발명은 상대 측위 결과의 신속 출력을 위한 위성항법 시스템에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 리더 항체는 적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신하는 위성항법 정보 수신부와, 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체의 속도 정보를 산출하는 리더 정보 산출부 및 수신한 위성항법 정보와 산출된 속도 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력하는 보정정보 출력부를 포함한다.

대표도 - 도2

200



(52) CPC특허분류

G01S 19/42 (2013.01)

G01S 19/51 (2013.01)

G01S 19/52 (2013.01)

(72) 발명자

**임철순**

경기도 부천시 오정구 고강로56번길 15, 101동 302호(원종동, 보강에버그린빌라)

**윤효중**

서울특별시 중랑구 상봉로19길 49, 102동 202호 (면목동, 신흥뜨란채)

(56) 선행기술조사문헌

KR101851853 B1

GEOPP. Geo++ SSR for Network-RTK, PPP and PPP-RTK. GEOPP 사보, [online], 2015.09, [2020년 2월 4일 검색], 인터넷: <URL: <http://www.geopp.de/>>\*

He, Kaifei. GNSS kinematic position and velocity determination for airborne gravimetry. Diss. GFZ Potsdam. 2015.\*

Speth, Thomas 외 5명. Enhanced inter-vehicular relative positioning. IEEE 19th international conference on intelligent transportation systems. 2016.\*

KR101326889 B1

KR102164388 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711119985

과제번호 2020M3C1C1A01086407

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 무인이동체 원천기술개발사업

연구과제명 탐지 및 인식(항법기술) 연구단 (위성항법 정밀도 향상 및 무결성 확보기술 개발)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 세종대학교 산학협력단

연구기간 2020.06.01 ~ 2027.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711116145

과제번호 2018-0-01423-003

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 대학ICT연구센터지원사업

연구과제명 지능형 비행로봇 융합기술 연구

기 여 율 1/2

과제수행기관명 세종대학교 산학협력단

연구기간 2018.06.01 ~ 2021.12.31

공지예외적용 : 있음

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신하는 위성항법 정보 수신부;

상기 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체의 속도 정보를 산출하는 리더 정보 산출부 및

상기 수신한 위성항법 정보와 상기 산출된 리더 항체의 속도 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력하는 보정정보 출력부

를 포함하고,

상기 팔로워 항체는,

상기 팔로워 항체에 대한 반송파 측정치와 상기 위성항법 정보 중 상기 리더 항체에 대한 반송파 측정치의 차분을 통해 기저선 벡터를 산출하고, 상기 팔로워 항체의 속도 정보와 상기 산출된 리더 항체의 속도 정보를 차분하며, 상기 차분된 속도 정보와 상기 산출된 기저선 벡터에 기초한 연산을 통해 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출하는

위성항법 시스템의 리더 항체.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보정정보 출력부는,

상기 수신한 위성항법 정보와 상기 산출된 속도 정보를 비동기 방식으로 출력하는

위성항법 시스템의 리더 항체

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 보정정보 출력부는,

상기 산출된 속도 정보를 상기 수신한 위성항법 정보보다 고속으로 출력하는

위성항법 시스템의 리더 항체.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 리더 정보 산출부는,

상기 수신한 위성항법 정보에 기초하여 상기 리더 항체의 위치 정보를 산출하고,

상기 보정정보 출력부는,

상기 산출된 위치 정보를 포함하는 보정정보를 상기 팔로워 항체로 출력하는

위성항법 시스템의 리더 항체.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 위성항법 정보는,

상기 리더 항체에 대한 반송과 측정치, 상기 리더 항체에 대한 의사거리 측정치 및 상기 리더 항체에 대한 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함하는

위성항법 시스템의 리더 항체.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 리더 정보 산출부는,

상기 리더 항체의 위치를 기준으로 산출된 상기 위성의 시선방향 벡터 및 상기 리더 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 상기 리더 항체의 속도 정보를 산출하는

위성항법 시스템의 리더 항체.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신하는 위성항법 정보 수신부;

리더 항체의 속도 정보를 포함하는 보정정보를 수신하는 보정정보 수신부;

상기 수신한 위성항법 정보에 기초하여 팔로워 항체의 속도 정보를 산출하는 팔로워 정보 산출부 및

상기 수신한 보정정보와 팔로워 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출하는 기저선 벡터 산출부

를 포함하고,

상기 위성항법 정보는,

상기 팔로워 항체에 대한 의사거리 측정치, 반송과 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함하며,

상기 기저선 벡터 산출부는,

상기 팔로워 항체에 대한 반송과 측정치와 상기 수신한 보정정보 중 상기 리더 항체에 대한 반송과 측정치의 차분을 통해 기저선 벡터를 산출하고, 상기 산출된 팔로워 항체의 속도 정보와 상기 수신한 리더 항체의 속도 정보를 차분하며, 상기 차분된 속도 정보와 상기 산출된 기저선 벡터에 기초한 연산을 통해 상기 보정 나이가 보상된 기저선 벡터를 산출하는

위성항법 시스템의 팔로워 항체.

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

제8항에 있어서,

상기 팔로워 정보 산출부는,

상기 팔로워 항체의 위치를 기준으로 산출된 상기 위성의 시선방향 벡터 및 상기 팔로워 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 상기 팔로워 항체의 속도 정보를 산출하는

위성항법 시스템의 팔로워 항체.

#### 청구항 11

삭제

## 청구항 12

삭제

## 청구항 13

제8항에 있어서,

상기 보정정보 수신부는,

비동기 방식으로 수신되는 상기 리더 항체의 속도 정보와 상기 리더 항체의 위성항법 정보를 상기 보정정보로 수신하는

위성항법 시스템의 팔로워 항체.

## 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 기저선 벡터 산출부는,

상기 보정정보가 비동기 방식으로 수신되면 상기 리더 항체의 속도 정보에 대한 샘플링 시간 간격 정보에 기초하여 상기 보정 나이가 보상된 기저선 벡터를 산출하는

위성항법 시스템의 팔로워 항체.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 위성항법 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 항체 사이의 상대 측위 결과를 신속 출력하기 위한 기술적 사상에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 위성항법 반송파를 이용한 정밀 측위 방법 중 하나인 RTK(real time kinematics)는 센티미터(cm)급의 위치를 알 수 있으며, 이에 최근에는 드론의 정밀 항법 및 제어에 활용되고 있다.

[0003] 지상의 기준국을 이용하는 단일 기준국(single reference station) RTK의 경우에는 기준국의 위치가 지상에 고정되어 있고, 기준국에서 위성으로부터 얻은 반송파 측정치를 RTCM 형태의 보정정보로 변환하여 사용자에게 전송하여 준다.

[0004] 그러나 지상 인프라로부터 멀리 떨어진 위치에서 임무를 수행하는 드론의 경우, 통신상의 문제로 보정정보를 수신하지 못하는 경우가 발생할 뿐 아니라, 기준국으로부터 약 10km 이상 떨어진 지점에서는 각 드론의 절대 위치에 대한 정확도를 보장받을 수 없다. 실제 다수의 드론 운용시에는 군집 비행, 드론간 충돌 방지 등을 목적으로 절대 위치만큼이나 상대 위치 정확도 또한 매우 중요하다.

[0005] 즉, 운영 중인 모든 드론이 기준국 인프라로부터 보정정보를 수신한 뒤, 각 측위 결과를 차분함으로써 정확한 드론의 상대 위치를 산출할 수도 있으나, 지상의 기준국으로부터 드론의 거리가 멀어질수록 보정정보의 수신률과 측위의 정확도가 떨어지기 때문에 정밀한 드론 운용에 문제가 발생할 수 있다.

[0006] 따라서, 리더 항체(즉, 기준 드론)가 기준국처럼 자신의 위치와 반송파 측정치가 포함된 보정정보를 전송함으로써 해당 지점에서의 정확한 상대 위치를 산출할 수 있어야 한다.

[0007] 이때, RTK 기술을 적용하기 위해서 기준국과 사용자의 측정치 시간이 일치해야 하므로, 팔로워 항체는 현재 시각  $t$ 에서 위성항법 측정치를 수신하였더라도, 리더 항체로부터 현재 시각  $t$ 에 대한 보정정보를 수신받지 못하고 시각  $t-dt$ 에 대한 보정정보만 수신받았다고 한다면, 시각  $t-dt$ 에서의 리더로부터 팔로워까지의 기저선 벡터(baseline vector)만 획득할 수 있다.

[0008] 결국 10Hz 이상 고속(high rate)의 상대측위 결과를 획득하기 위해서는 리더 항체로부터 보정정보를 고속으로

제공하여야만 군집 비행을 하고 있는 다른 항체들이 고속으로 상대 측위결과를 출력할 수 있다.

- [0009] 그러나, 일반적으로 GPS 단독일 경우 1세트로 보내는 보정정보의 양이 약 2,400bit이므로 10Hz로 GPS 보정정보를 제공할 경우 24,000bps가 설정되어야 하고, 다중위성군의 보정정보를 한꺼번에 제공할 경우에는 추가되는 위성군의 수만큼 배가 된다.
- [0010] 따라서, 현존 기술로는 10Hz 이상의 고속으로 상대 측위 결과를 출력할 경우 동일한 속도로 보정정보를 제공해야 하고, 통신 Bandwidth가 크게 설정되어야 할 뿐만 아니라, 많은 양의 데이터 처리 및 전송을 위하여 전력 소모량이 급증하게 되는 문제가 있다.
- [0011] 또한, 기존 RTK 기술은 기준국이 정지했다는 가정으로 사용자의 동적 이동을 보상하는 기술로, 기준국 역할을 하는 리더 항체가 지속적으로 이동하는 군집 이동체에 기술을 적용하기에는 한계가 있다. 즉, 기존의 정지 기준국 기반의 RTK를 이동체간 정밀 상대 측위에 적용하기 위해서는 시각  $t-dt$ 에서의 기저선(baseline)을 산출하는 것 외에도 리더 항체(즉, 기준 항체)의 이동을 보상하여야 하므로,  $t-dt$ 에 추정된 기저선 벡터(baseline vector)를 고속으로 보상하는 기술이 필요하다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-0443550호, "오차보정시스템을 구비하는 관성측정유닛-지피에스통합시스템과 미지정수 검색범위 축소방법 및 사이클 슬립검출방법, 및 그를 이용한 항체 위치, 속도, 자세측정방법"
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1851853호, "항체 사이의 상대 위치 결정시스템 및 이의 방법"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 보정정보를 비동기 방식으로 출력하여 데이터 처리량과 전력 소모량을 최소화할 수 있는 위성항법 시스템을 제공하고자 한다.
- [0014] 본 발명은 상대 측위 결과의 신속 출력을 위해 고속으로 출력된 리더 항체의 속도 정보에 기초하여 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있는 위성항법 시스템을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0015] 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 리더 항체는 적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신하는 위성항법 정보 수신부와, 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체의 속도 정보를 산출하는 리더 정보 산출부 및 수신한 위성항법 정보와 산출된 속도 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력하는 보정정보 출력부를 포함할 수 있다.
- [0016] 일측에 따르면, 보정정보 출력부는 수신한 위성항법 정보와 산출된 속도 정보를 비동기 방식으로 출력할 수 있다.
- [0017] 일측에 따르면, 보정정보 출력부는 산출된 속도 정보를 수신한 위성항법 정보 보다 고속으로 출력할 수 있다.
- [0018] 일측에 따르면, 리더 정보 산출부는 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체의 위치 정보를 산출하고, 보정정보 출력부는 산출된 위치 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력할 수 있다.
- [0019] 일측에 따르면, 위성항법 정보는 리더 항체에 대한 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0020] 일측에 따르면, 리더 정보 산출부는 리더 항체의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터 및 리더 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 리더 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0021] 일측에 따르면, 팔로워 항체는 보정정보와 팔로워 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

- [0022] 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 팔로워 항체는 적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신하는 위성항법 정보 수신부와, 리더 항체의 속도 정보를 포함하는 보정정보를 수신하는 보정정보 수신부와, 수신한 위성항법 정보에 기초하여 팔로워 항체의 속도 정보를 산출하는 팔로워 정보 산출부 및 수신한 보정정보와 팔로워 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출하는 기저선 벡터 산출부를 포함할 수 있다.
- [0023] 일측에 따르면, 위성항법 정보는 팔로워 항체에 대한 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 일측에 따르면, 팔로워 정보 산출부는 팔로워 항체의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터 및 팔로워 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 팔로워 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0025] 일측에 따르면, 기저선 벡터 산출부는 팔로워 항체에 대한 반송파 측정치와 수신한 보정정보 중 리더 항체에 대한 반송파 측정치의 차분을 통해 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0026] 일측에 따르면, 기저선 벡터 산출부는 산출된 팔로워 항체의 속도 정보와 수신한 리더 항체의 속도 정보를 차분하고, 차분된 속도 정보와 산출된 기저선 벡터에 기초한 연산을 통해 보정 나이가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0027] 일측에 따르면, 보정정보 수신부는 비동기 방식으로 수신되는 리더 항체의 속도 정보와 리더 항체의 위성항법 정보를 보정정보로 수신할 수 있다.
- [0028] 일측에 따르면, 기저선 벡터 산출부는 보정정보가 비동기 방식으로 수신되면 리더 항체의 속도 정보에 대한 샘플링 시간 간격 정보에 기초하여 보정 나이가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0029] 일실시예에 따르면, 본 발명은 비동기 방식으로 출력하여 데이터 송수신량과 처리량, 그리고 전력 소모량을 최소화할 수 있다.
- [0030] 일실시예에 따르면, 본 발명은 상대 측위 결과의 신속 출력을 위해 고속으로 출력된 리더 항체의 속도 정보에 기초하여 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 일실시예에 따른 위성항법 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일실시예에 따른 리더 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 일실시예에 따른 팔로워 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 제1 동작예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 다른 실시예에 따른 팔로워 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 제2 동작예를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7a 내지 도 7b는 일실시예에 따른 위성항법 시스템을 통해 산출된 항체 사이의 상대 측위 결과를 설명하기 위한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 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.
- [0033] 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.
- [0034] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들

에 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.

- [0035] 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.
- [0036] 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 실시된 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.
- [0037] 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.
- [0039] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 특허출원의 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.
- [0041] 도 1은 일실시예에 따른 위성항법 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0042] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따른 위성항법 시스템(100)은 보정정보를 비동기 방식으로 출력하여 데이터 처리량과 전력 소모량을 최소화할 수 있다.
- [0043] 또한, 위성항법 시스템(100)은 상대 측위 결과의 신속 출력을 위해 고속으로 출력된 리더 항체의 속도 정보에 기초하여 보정 나이(correction age)가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0044] 또한, 위성항법 시스템(100)은 기준국의 역할을 수행하는 리더 항체의 이동에 따른 오차를 보상하여 항체 간의 상대 측위 결과의 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0045] 구체적으로, 위성항법 시스템(100)은 정지 측량, 또는 기준국이 고정된 상태에서 운영되던 RTK 기술을 다수의 항체가 모두 이동하는 군집 운용 정밀 상대 측위 기법으로 확대하여 이용할 수 있다.
- [0046] 특히, 위성항법 시스템(100)은 GNSS 원시데이터나 배타적 혹은 유료로 사용되는 이동 기저선(moving baseline) RTK 기술을 이용하지 않고, 범용적으로 이용되는 RTK 측위 결과를 보상하여 항체 사이의 정확한 상대 측위 결과를 제공할 수 있다.
- [0047] 이를 위해, 위성항법 시스템(100)은 적어도 하나의 위성(satellite i, j) 및 복수의 항체(leader, follower)를 포함할 수 있다. 예를 들면, 복수의 항체는 적어도 하나의 리더 항체(leader) 및 적어도 하나의 팔로워 항체(follower)를 포함할 수 있다.
- [0048] 도 1에서는 적어도 하나의 위성(satellite i, j)을 2개의 위성으로 설명하고 있으나, 이에 한정되지 않고 하나 또는 셋 이상의 위성을 의미할 수도 있다.
- [0049] 또한, 하나의 리더 항체(leader)는 적어도 하나의 팔로워 항체(follower)와 연결되어 하나의 그룹을 형성할 수도 있다.
- [0050] 적어도 하나의 위성(satellite i, j) 각각은 리더 항체(leader) 및 팔로워 항체(follower) 중 적어도 하나의 항체에 반송파 측정치 f등의 위성항법 정보를 제공할 수 있다.
- [0051] 리더 항체(leader)는 다수의 항체(적어도 하나의 팔로워 항체)간의 상대 측위를 위하여 보정정보를 전송하는 역할을 하는 기준 항체(즉, 기준국)로, 리더 항체(leader)는 리더 항체(leader)에 대한 위성항법 정보와, 리더 항



체(leader)의 이동을 고려하여 산출된 속도 정보 및 위치 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체(follower)로 송신할 수 있다.

- [0052] 일측에 따르면, 리더 항체(leader)는 보정정보 중 속도 정보를 다른 정보들과는 다른 속도로 전송함으로써, 넓은 통신 대역폭(bandwidth)과 높은 전력 소모량이 불가피하던 종래기술을 개선하여 대역폭의 크기와 전력 소모량을 획기적으로 줄일 수 있다.
- [0053] 구체적으로, 고기동을 하는 항체의 경우에는 10Hz 이상의 짧은 간격으로 신속하게 측위 정보를 제공해야 하는데, 이를 위해서는 보정정보 역시 출력되는 측위 정보와 동일한 주기로 출력되어야 한다. 이를 위해서는 보정정보 전송을 위한 통신 대역폭(bandwidth)을 높여줘야 하는데 이는 고가의 장비와 전력 소모를 동반하므로 효율적이지 못하다는 문제가 있다.
- [0054] 이러한 대역폭 및 전력 소모 문제를 해결하기 위해, 일실시예에 따른 리더 항체(leader)는 속도 정보를 비동기 방식으로 출력할 수 있다. 바람직하게는 리더 항체(leader)는 속도 정보를 위성항법 정보 보다 고속(high-rate)으로 출력할 수 있다.
- [0055] 팔로워 항체(follower)는 리더 항체(leader)로부터 수신한 보정정보에 기초하여 리더 항체(leader)와의 정밀 상대 측위를 수행할 수 있다.
- [0056] 구체적으로, 팔로워 항체(follower)는 리더 항체의 속도 정보가 반영된 보정정보와 팔로워 항체(follower)의 속도 정보에 기초하여 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0057] 예를 들면, 보정 나이  $dt$ 는 리더 항체(leader)가 보정정보를 출력한 시간  $t-dt$ 과, 팔로워 항체(follower)가 보정정보를 수신한 현재 시간  $t$ 간의 시간 차이를 의미할 수 있다.
- [0058] 또한, 팔로워 항체(follower)는 수신한 보정정보에 포함된 리더 항체(leader)의 속도 정보에 보정정보의 보정 나이  $dt$ 를 반영하고, 보정 나이  $dt$ 가 반영된 리더 항체(leader)의 속도 정보에 기초하여 리더 항체(leader)의 이동에 따른 오차가 보정된 상대 측위 결과를 산출할 수도 있다.
- [0059] 일실시예에 따른 위성항법 시스템은 이후 실시예 도 2 내지 7b를 통해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0061] 도 2는 일실시예에 따른 리더 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- [0062] 도 2는 참조하면, 일실시예에 따른 리더 항체(200)는 위성항법 수신부(210), 리더 정보 산출부(220) 및 보정정보 출력부(230)를 포함할 수 있다.
- [0063] 일실시예에 따른 위성항법 수신부(210)는 적어도 하나의 위성으로부터 리더 항체(200)에 대한 위성항법 정보를 수신할 수 있다.
- [0064] 예를 들면, 위성항법 정보는 리더 항체(200)에 대한 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고 위성으로부터 단말이 수신할 수 있는 기공지된 정보들을 포함할 수 있다.
- [0065] 일실시예에 따른 리더 정보 산출부(220)는 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체(200)의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0066] 일측에 따르면, 리더 정보 산출부(220)는 수신한 의사거리 측정치 및/또는 반송파 측정치를 차분하여 리더 항체(200)의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0067] 또한, 리더 정보 산출부(220)는 관성항법장치(inertial navigation system)를 이용하여 리더 항체(200)의 속도 정보를 산출할 수도 있다.
- [0068] 바람직하게는, 리더 정보 산출부(220)는 리더 항체(200)의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터 및 리더 항체(200)에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 리더 항체(200)의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0069] 일실시예에 따른 보정정보 출력부(230)는 위성항법 정보와 산출된 속도 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력할 수 있다.
- [0070] 일측에 따르면, 팔로워 항체는 출력된 보정정보와 팔로워 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0071] 일측에 따르면, 보정정보 출력부(230)는 위성항법 정보와 산출된 속도 정보를 비동기 방식으로 출력할 수 있다.

- [0072] 바람직하게는, 보정정보 출력부(230)는 속도 정보를 위성항법 정보 보다 고속(high rate)으로 출력할 수 있다.
- [0073] 예를 들면, 100Hz의 속도로 기저선 벡터 출력을 목표로 하는 위성항법 시스템은 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치와 같은 기저선 벡터를 직접 산출하는데 관여하는 보정정보는 1Hz로 보내고, 리더 항체의 속도 정보는 100Hz로 보내는 방식을 적용함으로써, 기존 1Hz의 저속 출력 시스템 구성에 사용되던 보정정보 대역폭으로도 충분히 팔로워 상대 위치의 100Hz 출력을 보장할 수 있다.
- [0074] 다시 말해, 보정정보 출력부(230)는 출력되는 보정정보의 타이밍을 스케줄링할 수 있으며, 데이터 크기가 큰 위성항법 정보는 저속으로, 속도 정보는 고속으로 송출함으로써, 데이터 처리량과 전력 소모량을 최소화할 수 있다.
- [0075] 한편, 리더 정보 산출부(220)는 수신한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체의 위치 정보를 산출하고, 보정정보 출력부(230)는 산출된 위치 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체로 출력할 수 있다.
- [0077] 도 3은 일실시예에 따른 팔로워 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- [0078] 도 3을 참조하면, 일실시예에 따른 팔로워 항체(300)는 위성항법 정보 수신부(310), 보정정보 수신부(320), 팔로워 정보 산출부(330) 및 기저선 벡터 산출부(340)를 포함할 수 있다.
- [0079] 일실시예에 따른 위성항법 정보 수신부(310)는 적어도 하나의 위성으로부터 위성항법 정보를 수신할 수 있다.
- [0080] 예를 들면, 위성항법 정보는 팔로워 항체(300)에 대한 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고 위성으로부터 단말이 수신할 수 있는 기공지된 정보들을 포함할 수 있다.
- [0081] 일실시예에 따른 보정정보 수신부(320)는 리더 항체의 속도 정보를 포함하는 보정정보를 수신할 수 있다.
- [0082] 예를 들면, 보정정보 수신부(320)는 도 2를 통해 설명한 리더 항체로부터 보정정보를 수신할 수 있다.
- [0083] 일측에 따르면, 보정정보 수신부(320)는 비동기 방식으로 수신되는 리더 항체의 속도 정보와 리더 항체의 위성항법 정보를 보정정보로 수신할 수 있다.
- [0084] 일실시예에 따른 팔로워 정보 산출부(330)는 수신한 위성항법 정보에 기초하여 팔로워 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0085] 일측에 따르면, 팔로워 정보 산출부(330)는 의사거리 측정치 및/또는 반송파 측정치를 차분하여 팔로워 항체(300)의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0086] 또한, 팔로워 정보 산출부(330)는 관성항법장치를 이용하여 팔로워 항체(300)의 속도 정보를 산출할 수도 있다.
- [0087] 바람직하게는, 팔로워 정보 산출부(330)는 팔로워 항체의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터 및 팔로워 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 팔로워 항체(300)의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0088] 일실시예에 따른 기저선 벡터 산출부(340)는 수신한 보정정보와 팔로워 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0089] 일측에 따르면, 기저선 벡터 산출부(340)는 팔로워 항체에 대한 반송파 측정치와 수신한 보정정보 중 리더 항체에 대한 반송파 측정치의 차분을 통해 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0090] 또한, 기저선 벡터 산출부(340)는 팔로워 항체(300)의 속도 정보와 수신한 리더 항체의 속도 정보를 차분하고, 차분된 속도 정보와 산출된 기저선 벡터에 기초한 연산을 통해 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0091] 일측에 따르면, 기저선 벡터 산출부(340)는 보정정보가 비동기 방식으로 수신되면 리더 항체의 속도 정보에 대한 샘플링 시간 간격 정보에 기초하여 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.
- [0093] 도 4는 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 제1 동작예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0094] 도 4를 참조하면, 참조부호 400은 제1 동작예에 따른 일실시예에 따른 리더 항체(leader)와 팔로워 항체(follower)에 대한 타임 라인을 도시한다.
- [0095] 참조부호 400에 따르면, 같은 시각에 두 항체에서 수신된 측정치 차분을 통해 항체간 기저선 벡터  $\vec{x}(t-dt)$ 를

산출할 수 있다. 즉, 기저선 벡터  $\vec{x}(t-dt)$ 는 리더 항체(leader)가 보정정보를 출력한 시각인  $t-dt$ 에서의 팔로워 항체(follower)에 대한 반송파 측정치  $\phi_r(t-dt)$ 와 리더 항체(leader)에 대한 반송파 측정치  $\phi_b(t-dt)$ 의 차분을 통해 산출될 수 있다.

[0096] 고속으로 이동하는 항체의 경우 보정 나이  $dt$ 로 인한 시간지연 효과가 상대적으로 크기 때문에 보정 나이  $dt$ 를 최대한 줄여야 하고, 이를 위해 100Hz 수준의 고속으로 측위 결과를 출력해야 한다. 그러나, 고속의 측위 정보를 위해서는 차분 측위를 위한 보정정보를 고속으로 출력해야 하므로, 이는 리더 항체(leader)와 팔로워 항체(follower) 양측의 전력 및 데이터 통신의 측면에서 모두 큰 부담이 될 수 있다.

[0097] 이에 일실시예에 따른 위성항법 시스템은 리더 항체(leader)가 자신의 속도 정보를 산출하고, 산출된 속도 정보와 위성항법 정보를 보정정보로서 시각  $t-dt$ 에 팔로워 항체(follower)로 전달하되, 속도 정보를 위성항법 정보보다 고속으로 출력하여 데이터 처리량과 전력 소모량을 최소화할 수 있다.

[0098] 또한, 팔로워 항체(follower)는 리더 항체(leader)로부터 수신한 보정정보와 팔로워 항체(follower)의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정 나이  $dt$ 가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

[0099] 예를 들면, 리더 항체(leader)는 도 2를 통해 설명한 리더 항체일 수 있고, 팔로워 항체(follower)는 도 3을 통해 설명한 팔로워 항체일 수 있다.

[0100] 구체적으로, 리더 항체(leader) 및 팔로워 항체(follower)는 시선방향 벡터  $\vec{e}$  및 도플러 측정치  $\lambda\dot{\phi}^i$ 에 기초한 연산을 통해 각 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.

[0101] 구체적으로, 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_b$ 는 하기 수학식1을 통해 산출할 수 있으며, 팔로워 항체(follower)의 속도 정보  $\vec{v}_r$ 는 하기 수학식2를 통해 산출할 수 있다.

[0102] [수학식1]

$$\vec{e} \cdot (\vec{v}_b + \delta\vec{v}_b) - \dot{B}_b = \vec{e} \cdot \vec{R}^i - \dot{b}^i - \lambda\dot{\phi}_b^i$$

[0104] 여기서,  $\vec{v}_b$ 는 리더 항체(leader)의 속도 정보,  $\delta\vec{v}_b$ 는 속도 추정치 오차,  $\vec{e}$ 는 시선방향 벡터,  $\dot{B}_b$ 는 리더 항체(leader)의 시계오차 변화율,  $\vec{R}^i$ 와  $\dot{b}^i$ 는 위성 궤도 속도와 위성 시계오차 변화율,  $\lambda\dot{\phi}_b^i$ 는 도플러 측정치(또는 반송파 시간 차분)을 의미한다.

[0105] [수학식2]

$$\vec{e} \cdot (\vec{v}_r + \delta\vec{v}_r) - \dot{B}_r = \vec{e} \cdot \vec{R}^i - \dot{b}^i - \lambda\dot{\phi}_r^i$$

[0107] 여기서,  $\vec{v}_r$ 는 팔로워 항체(follower)의 속도 정보,  $\delta\vec{v}_r$ 는 속도 추정치 오차,  $\vec{e}$ 는 시선방향 벡터,  $\dot{B}_r$ 은 팔로워 항체(follower)의 시계오차 변화율,  $\vec{R}^i$ 와  $\dot{b}^i$ 는 위성 궤도 속도와 위성 시계오차 변화율,  $\lambda\dot{\phi}_r^i$ 는 도플러 측정치(또는 반송파 시간 차분)을 의미한다.

[0108] 또한, 리더 항체(leader) 및 팔로워 항체(follower) 각각은 수학식1 및 수학식2 각각에 하기 수학식3과 같이 관측행렬과 가중행렬을 곱함으로써 각 항체의 속도 추정치를 산출할 수 있다. 즉, 각 항체의 속도 정보는 수학식3을 통해 산출된 속도 추정치를 포함할 수도 있다.

[0109] [수학식3]

$$\begin{bmatrix} \vec{v} \\ \dot{B} \end{bmatrix} + \delta\vec{v} = (H^TWH)^{-1}WH^T\vec{y}$$

[0110]

[0111] 여기서, H는 시선방향 벡터로 구성된 관측행렬, W는 측정치 잡음으로 산출한 가중행렬, y는 수학식1과 수학식2의 우변항을 의미한다.

[0112] 일측에 따르면, 팔로워 항체(follower)는 팔로워 항체(follower)의 속도 정보  $\vec{v}_r(t-1)$ 와 리더 항체(leader)의 속도 정보를 차분하고, 차분된 속도 정보(즉, 기저선 벡터의 속도)  $\vec{x}(t-dt)$ 와 기저선 벡터  $\vec{x}(t-dt)$ 에 기초한 연산을 통해 보정 나이가 보상된 기저선 벡터  $\vec{x}(t)$ 를 산출할 수 있다.

[0113] 구체적으로, 팔로워 항체(follower)는 시각 t-dt에서의 팔로워 항체(follower)에 대한 반송파 측정치  $\phi_r(t-dt)$ 와 리더 항체(leader)에 대한 반송파 측정치  $\phi_b(t-dt)$ 의 차분을 통해 기저선 벡터  $\vec{x}(t-dt)$ 를 산출할 수 있다.

[0114] 또한, 가까운 거리에 있는 리더 항체(leader)와 팔로워 항체(follower)에서의 속도 오차  $\vec{\delta v}_b$  및  $\vec{\delta v}_r$ 는 거의 같으므로, 수학식1과 수학식2를 차분하면 오차 성분을 제거할 수 있다.

[0115] 이에 팔로워 항체(follower)는 시각 t-dt에서의 팔로워 항체(follower)의 속도 정보와 리더 항체(leader)의 속도 정보를 차분하는 하기 수학식4를 통해 기저선 벡터의 속도  $\vec{x}(t-dt)$ 를 산출할 수 있다.

[0116] [수학식4]

$$\vec{x}(t-dt) = \vec{v}_r(t-dt) - \vec{v}_b(t-dt)$$

[0118] 또한, 팔로워 항체(follower)는 시각 t-dt에서 추정된 기저선 벡터  $\vec{x}(t-dt)$ 를 기준으로 수학식4를 통해 산출한 기저선 벡터의 속도  $\vec{x}(t-dt)$ 에 기초하는 하기 수학식5를 통해 보정 나이 dt가 보상된 기저선 벡터, 즉 현재 시각 t에서의 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

[0119] [수학식5]

$$\vec{x}(t) = \vec{x}(t-dt) + \vec{x}(t-dt) \cdot dt$$

[0121] 한편, 리더 항체(leader)에서 리더 항체(leader)에 대한 반송파 측정치  $\phi_b(t-dt_\phi)$ 를 포함하는 위성항법 정보와 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_b(t-dt_v)$ 를 동기화하여 보내지 않을 경우(즉  $dt_\phi$ 와  $dt_v$ 가 상이한 경우), 팔로워 항체(follower)는 리더 항체(leader)의 속도 정보에 대한 샘플링 시간 간격 정보  $\Delta t_v$ 에 기초하는 하기 수학식6을 통해 보정 나이 dt가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

[0122] [수학식6]

$$\vec{x}(t) = \vec{x}(t-dt_\phi) + \sum_{dt=dt_\phi}^{dt_v} (\vec{v}_r(t-dt) - \vec{v}_b(t-dt)) \cdot \Delta t_v$$

[0124] 또한, 현재 시각 t 이후에 일정 시간  $dt_{lat}$  동안 보정정보가 수신되지 않을 경우에, 팔로워 항체(follower)는 리더 항체(leader)가 출력한 최종 속도 성분  $\vec{v}_b(t-dt_v)$ 과 팔로워 항체(follower)가 실시간으로 추정된 속도 성분  $\vec{v}_r(t+dt)$ 를 이용하는 하기 수학식7을 통해 시각  $t+dt_{lat}$ 에서의 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

[0125] [수학식7]

$$\vec{x}(t+dt_{lat}) = \vec{x}(t-dt_\phi) + \sum_{dt=dt_\phi}^{dt_v} (\vec{v}_r(t-dt) - \vec{v}_b(t-dt)) \cdot \Delta t_v + \sum_{dt=0}^{dt_{lat}} (\vec{v}_r(t+dt) - \vec{v}_b(t-dt_v)) \cdot \Delta t_r$$

[0126]

- [0127] 여기서,  $\Delta t_r$ 는 팔로워 항체(follower)의 속도 정보에 대한 샘플링 시간 간격을 의미한다.
- [0129] 도 5는 다른 실시예에 따른 팔로워 항체를 설명하기 위한 도면이다.
- [0130] 다시 말해, 도 5는 도 1 내지 도 4를 통해 설명한 일실시예에 따른 팔로워 항체의 다른 예시를 설명하는 도면으로, 이후 도 5를 통해 설명하는 내용 중 도 1 내지 도 4를 통해 설명한 내용과 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0131] 도 5를 참조하면, 다른 실시예에 따른 팔로워 항체(500)는 보정정보 수신부(510), 상대 측위 결과 산출부(520) 및 상대 측위 결과 보정부(530)를 포함할 수 있다.
- [0132] 다른 실시예에 따른 보정정보 수신부(510)는 리더 항체로부터 리더 항체의 속도 정보와 리더 항체에 대한 위성항법 정보를 포함하는 보정정보를 수신할 수 있다.
- [0133] 일측에 따르면, 리더 항체는 속도 정보와 리더 항체에 대한 위성항법 정보를 비동기 방식으로 출력할 수 있다. 바람직하게는, 리더 항체는 리더 항체의 속도 정보를 리더 항체에 대한 위성항법 정보 보다 고속으로 출력할 수 있다.
- [0134] 또한, 리더 항체에 대한 위성항법 정보는 적어도 하나의 위성으로부터 수신한 리더 항체에 대한 의사거리 측정치, 반송파 측정치 및 도플러 측정치 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않고 위성으로부터 단말이 수신할 수 있는 기공지된 정보들을 포함할 수 있다.
- [0135] 예를 들면, 보정정보 수신부(510)는 도 3을 통해 설명한 보정정보 수신부일 수 있다.
- [0136] 일측에 따르면, 리더 항체는 기설정된 제1 시간에서의 리더 항체의 위치 정보와 기설정된 제2 시간에서의 리더 항체의 위치 정보의 차분을 통해 리더 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0137] 또한, 리더 항체는 관성항법장치와 같은 기타 센서를 이용하여 리더 항체의 속도 정보를 산출할 수도 있다.
- [0138] 바람직하게는, 리더 항체는 리더 항체의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터 및 리더 항체에 대한 도플러 측정치에 기초한 연산을 통해 리더 항체의 속도 정보를 산출할 수 있다.
- [0139] 일측에 따르면, 보정정보 수신부(510)에서 수신하는 보정정보는 리더 항체의 위치 정보를 더 포함할 수 있다.
- [0140] 다른 실시예에 따른 상대 측위 결과 산출부(520)는 리더 항체에 대한 위성항법 정보에 기초하여 리더 항체와 팔로워 항체 사이의 상대 측위 결과를 산출할 수 있다.
- [0141] 일측에 따르면, 상대 측위 결과 산출부(520)는 측위 결과의 표준 포맷인 NMEA(national marine electronics association)를 이용하여 상대 측위 결과를 산출할 수 있다.
- [0142] 또한, 상대 측위 결과 산출부(520)는 각 수신기(즉 팔로워 항체)의 고유 출력에서 제공하는 3차원 결과를 이용하여 상대 측위 결과를 산출할 수도 있다.
- [0143] 다른 실시예에 따른 상대 측위 결과 보정부(530)는 산출된 상대 측위 결과와 리더 항체의 속도 정보에 기초한 연산을 통해 보정된 상대 측위 결과를 산출할 수 있다.
- [0144] 일측에 따르면, 상대 측위 결과 보정부(530)는 산출된 상대 측위 결과와 리더 항체의 속도 정보 및 보정정보의 수신에 따른 보정 나이(correction age)에 기초한 연산을 통해 보정된 상대 측위 결과를 산출할 수 있다.
- [0146] 도 6은 일실시예에 따른 위성항법 시스템의 제2 동작예를 설명하기 위한 도면이다.
- [0147] 도 6을 참조하면, 참조부호 600은 제2 동작예에 따라 지속적으로 이동하는 리더 항체(leader)와 팔로워 항체(follower) 사이에서 리더 항체(leader)의 이동에 따른 오차가 보정된 상대 측위 결과를 산출하는 예시를 도시한다.
- [0148] 예를 들면, 리더 항체(leader)는 도 2를 통해 설명한 리더 항체일 수 있으며, 팔로워 항체(follower)는 도 5를 통해 설명한 팔로워 항체일 수 있다.
- [0149] 참조부호 600에 따르면, 일실시예에 따른 위성항법 시스템은 위치가 고정된 기존의 기준국과는 다르게 기준국의 역할을 하는 리더 항체(leader)는 정지해 있지 않고 지속적으로 이동하므로, 보정정보를 생성(출력)하는 시간  $t-dt$ 에서의 리더 항체(leader)의 위치와 보정정보가 출력되어 팔로워 항체(follower)에 적용되는 현재 시간  $t$ 에



서의 리더 항체(leader)의 위치는 서로 상이할 수 있다.

[0150] 즉, 이중 차분 과정을 통해 시각 t-dt에 산출된 RTK의 위치해를 현재 시각 t에 동기화 시키는 경우, 기존의 정지 기준국에 기반한 시스템에서는 동기화된 상대 측위 결과와, 실제 시간 t에서 산출된 상대 측위 결과가 거의 동일하게 나타난다. 그러나, 기준국인 리더 항체(leader)가 이동을 하는 경우에는 리더 항체(leader)의 이동량만큼 보상을 해야만 실제 상대 측위 결과에 근사한 결과를 얻을 수 있다.

[0151] 이에, 팔로워 항체(follower)는 팔로워 항체(follower)의 속도 정보와 리더 항체(leader)의 속도 정보에 기초하여 리더 항체(leader)의 이동에 따른 오차가 보정된 상대 측위 결과를 산출할 수 있다.

[0152] 구체적으로, 리더 항체(leader)는 리더 항체(leader)의 속도 정보를 산출하고, 산출된 리더 항체(leader)의 속도 정보와 함께 위치 정보 및 위성항법 측정 정보를 포함하는 보정정보를 팔로워 항체(follower)에 제공할 수 있다.

[0153] 일측에 따르면, 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_l$ 는 3차원 속도 정보로서, 기설정된 제1 시간(일례로, t-dt)에서의 리더 항체(leader)의 위치 정보와 기설정된 제2 시간(일례로, t)에서의 리더 항체(leader)의 위치 정보의 차분을 통해 산출될 수 있다.

[0154] 다시 말해, 리더 항체(leader)는 리더 항체(leader)의 연속된 두 지점간의 위치를 차분하는 하기 수학식8을 통해 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_l$ 를 산출할 수 있다.

[0155] [수학식8]

$$\vec{v}_l(t) = \frac{\vec{x}_l(t) - \vec{x}_l(t-dt)}{dt}$$

[0156]

[0157] 바람직하게는, 리더 항체의 위치를 기준으로 산출된 위성의 시선방향 벡터  $\vec{e}$ 와, 리더 항체(leader)는 리더 항체(leader)에 대한 도플러 측정치(또는 반송파의 시간 차분)  $\lambda\dot{\phi}_l^i$ 에 기초하는 하기 수학식9를 통해 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_l$ 를 산출할 수 있다.

[0158] [수학식9]

$$\vec{e} \cdot \dot{\vec{v}}_l - \dot{B}_l \cong \vec{e} \cdot \dot{\vec{R}}^s - \dot{b}^i - \lambda\dot{\phi}_l^i$$

[0159]

[0160] 여기서,  $\vec{e}$ 는 시선방향 벡터,  $\dot{B}_l$ 은 리더 항체(leader)의 시계오차 변화율,  $\dot{\vec{R}}^s$ 와  $\dot{b}^i$ 는 위성 궤도 속도와 위성 시계오차 변화율,  $\lambda\dot{\phi}_l^i$ 는 도플러 측정치(또는 반송파 시간 차분)을 의미한다.

[0161] 팔로워 항체(follower)는 리더 항체(leader)로부터 보정정보를 수신하고, RTK 측위를 통해 시각 t-dt에 생성된 보정정보로 구한 t초에서의 상대 측위 결과  $\vec{b}(t|t-dt)$ 를 산출할 수 있다. 예를 들면, 팔로워 항체(follower)는 NMEA라 불리는 측위 결과 표준 포맷을 이용할 수도 있고, 각 수신기 고유 출력에서 제공하는 3차원 결과를 이용할 수도 있다.

[0162] 이후, 팔로워 항체(follower)는 산출된 상대 측위 결과  $\vec{b}(t|t-dt)$ 는 리더의 이동을 고려하지 않은 결과이므로, 리더 항체(leader)의 속도 정보  $\vec{v}_l$  및 보정정보의 수신에 따른 보정 나이 dt에 기초하는 하기 수학식10을 통해 리더 항체(leader)의 이동에 따른 오차가 보정된 상대 측위 결과 산출할 수 있다.

[0163] [수학식10]

$$\widehat{\vec{b}}(t)_{\text{synch,MBRTK}} = \vec{b}(t|t-dt)_{\text{sync.RTK}} - \vec{v}_l(t) \cdot dt$$

[0164]

[0166] 도 7a 내지 도 7b는 일실시예에 따른 위성항법 시스템을 통해 산출된 항체 사이의 상대 측위 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0167] 도 7a 내지 도 7b는 참조하면, 참조부호 710은 기존 RTK 기술을 이용하여 산출된 항체 사이의 상대 측위 결과를

도시하고, 참조부호 720은 일실시예에 따른 위성항법 시스템을 통해 산출된 항체 사이의 상대 측위 결과를 도시한다.

[0168] 참조부호 710 내지 720에 따르면, 기존 RTK 기술은 리더 항체가 호버링(hovering)하고 있는 시나리오1의 경우에는 정확도가 높은 편이지만, 리더 항체가 이동하는 시나리오2에서는 실제 기저선(true baseline)과 오차가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

[0169] 반면, 일실시에에 따른 위성항법 시스템은 시나리오1 과 시나리오2, 즉 리더 항체의 이동 여부와 관계없이 상대 측위 결과의 정확도가 일정하게 10cm 수준으로 도출되는 것을 확인할 수 있다.

[0171] 결국, 본 발명을 이용하면, 보정정보를 비동기 방식으로 출력하여 데이터 처리량과 전송량, 전력 소모량을 최소화할 수 있다.

[0172] 또한 상대 측위 결과의 신속 출력을 위해 고속으로 출력된 리더 항체의 속도 정보에 기초하여 보정 나이가 보상된 기저선 벡터를 산출할 수 있다.

[0173] 또한, 기준국의 역할을 수행하는 리더 항체의 이동에 따른 오차를 보상하여 항체 간의 상대 측위 결과의 정확성을 향상시킬 수 있다.

[0175] 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, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate 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 운영 체제 상에서 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 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0176] 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.

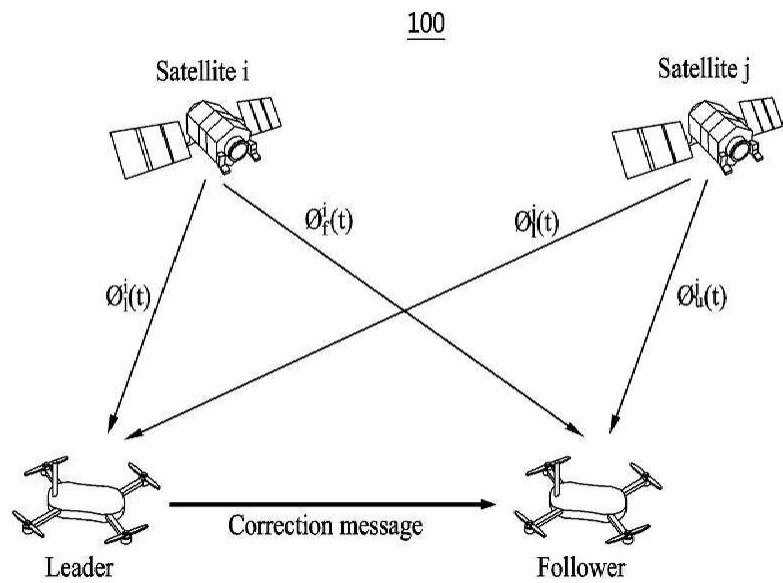
[0177] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

## 부호의 설명

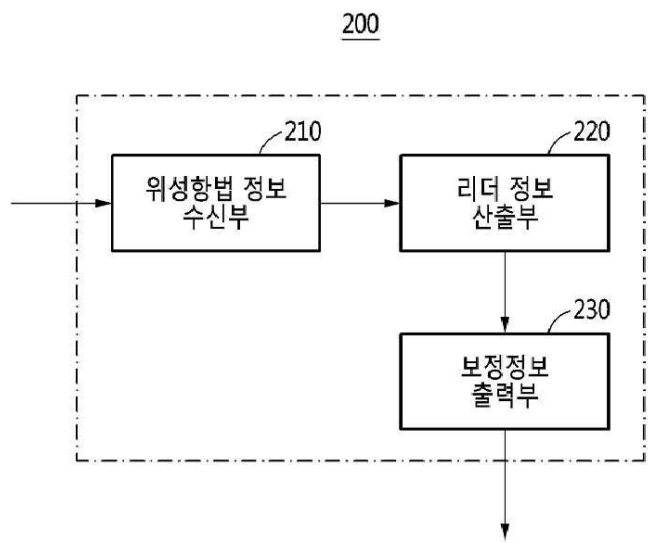
[0178]      200: 리더 항제                      210: 위성항법 수신부  
              220: 리더 정보 산출부    230: 보정정보 출력부

도면

도면1

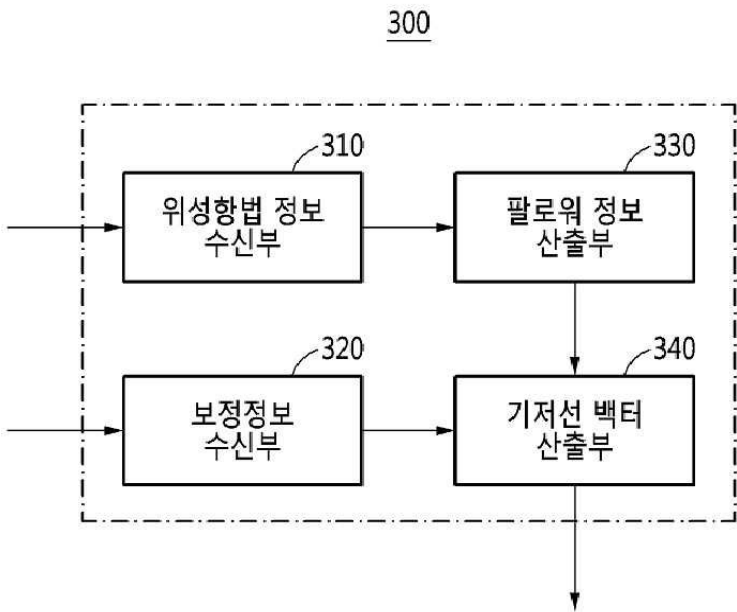


도면2

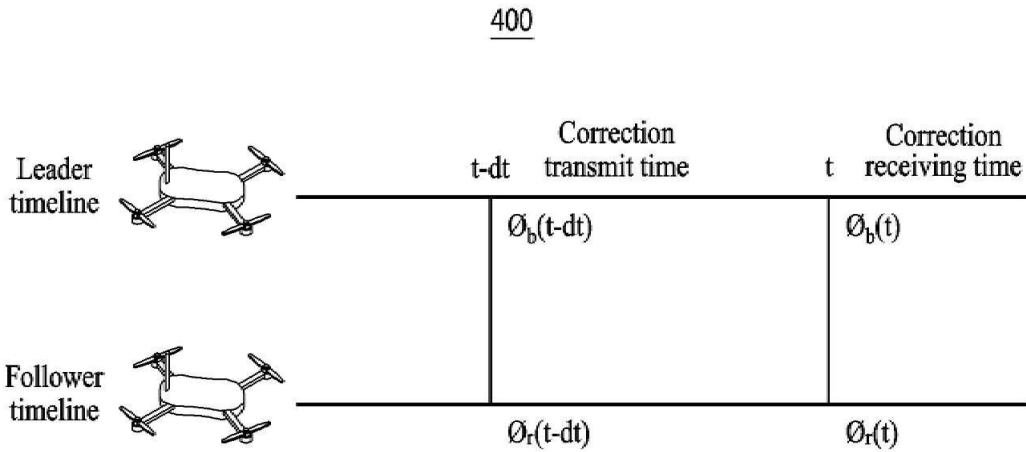




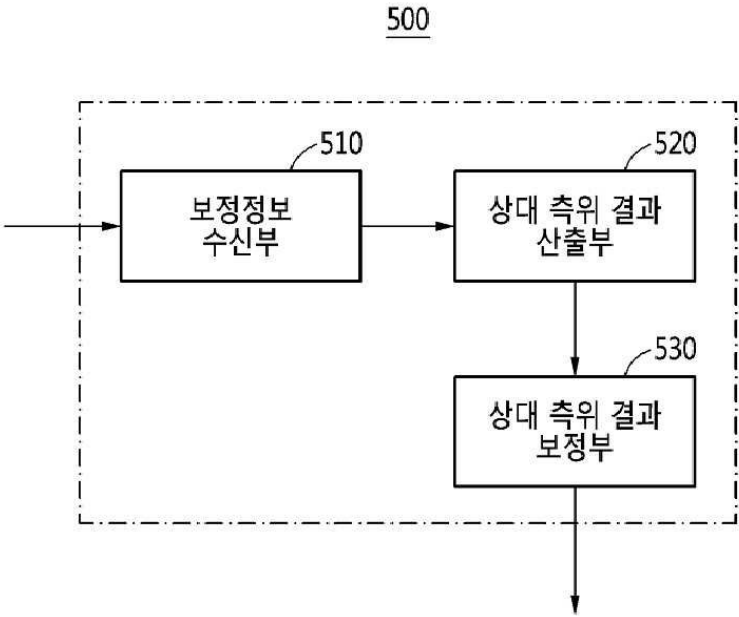
도면3



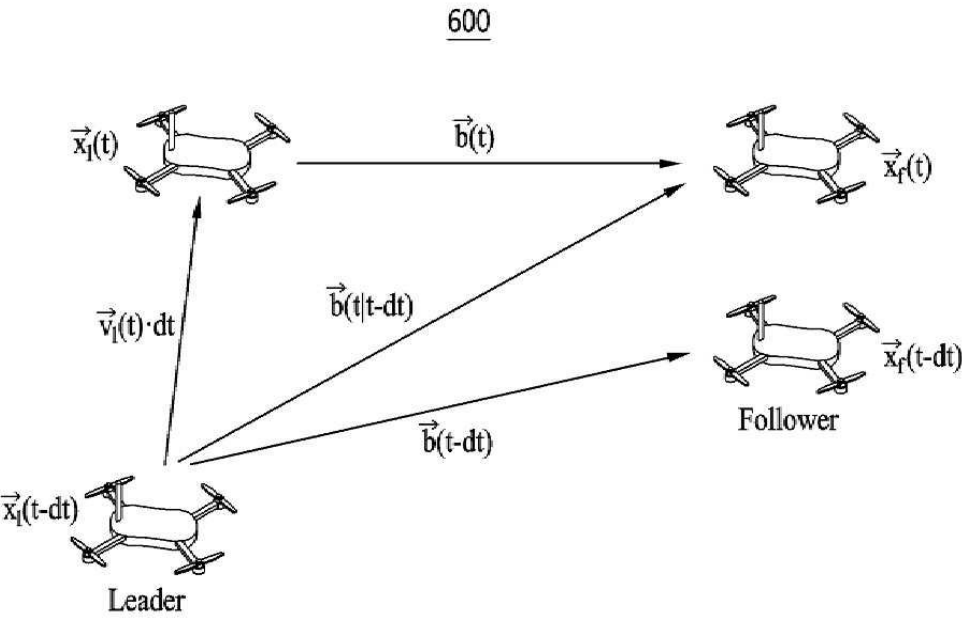
도면4



도면5

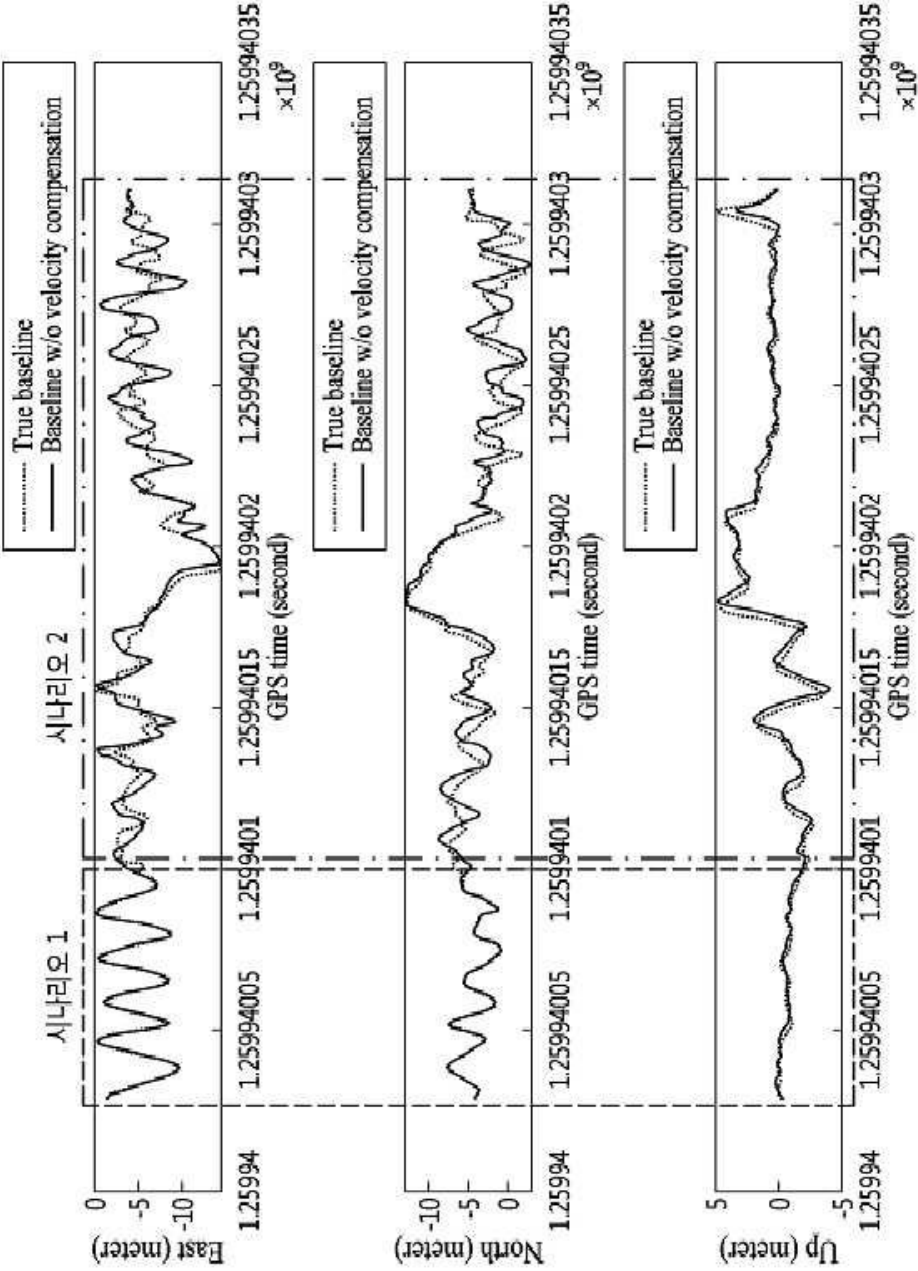


도면6



도면7a

710



도면 7b

720

