



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

(45) 공고일자 2017년06월15일  
 (11) 등록번호 10-1741076  
 (24) 등록일자 2017년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01C 21/10 (2006.01) G01C 21/16 (2006.01)  
 G01C 25/00 (2006.01) G01P 15/08 (2006.01)  
 G01P 3/02 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 G01C 21/10 (2013.01)  
 G01C 21/16 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2016-0052414  
 (22) 출원일자 2016년04월28일  
 심사청구일자 2016년04월28일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP11281300 A\*  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
 국방과학연구소  
 대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)  
 (72) 발명자  
 이형섭  
 세종특별자치시 나리로 38, 706동 601호 (한솔동, 첫마을아파트)  
 한정준  
 서울특별시 종로구 대학로5길 11-5, 202호 (연건동)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 박장원

전체 청구항 수 : 총 1 항

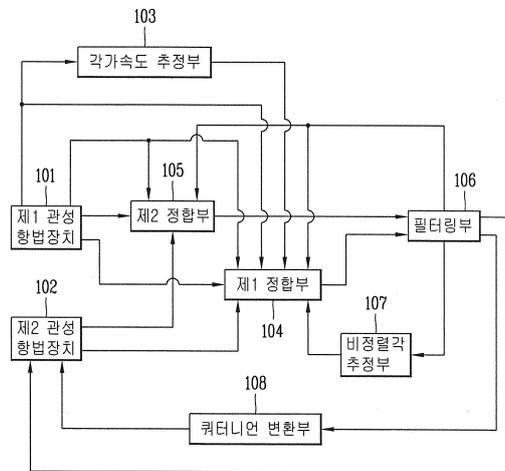
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 **관성항법시스템의 시간지연 보상 장치 및 그 방법**

**(57) 요약**

본 발명은, 주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상함으로써 고기동 환경에서 정렬 정확도가 감소하는 기존 전달정렬 방법의 문제점을 개선할 수 있다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*G01C 25/005* (2013.01)

*G01P 15/0888* (2013.01)

*G01P 3/02* (2013.01)

(72) 발명자

**이상우**

세종특별자치시 노을3로 14, 301동 1701호 (한솔동, 첫마을아파트)

**유명종**

대전광역시 유성구 지족로 317, 103동 1402호 (지족동, 반석마을1단지아파트)

(56) 선행기술조사문헌

JP11281391 A\*

KR1020050025836 A\*

KR1020080086711 A\*

KR1020120062519 A\*

이형섭. 고기동 환경에서 관성항법장치의 시간지연 보상. 전자공학회 논문지. Vol.64, No.12, Page 1742 ~ 1747\*

KR1020150100087 A\*

KR1020150100087 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

제1 관성항법장치와;

제 2 관성항법장치와;

상기 제1 관성항법장치로부터 각속도를 수신하고, 상기 수신한 각속도로부터 각가속도를 추정하는 각가속도 추정부와;

상기 제1 관성항법장치로부터 제1 관성항법장치의 자세와 가속도, 각속도 정보를 수신하고, 상기 제2 관성항법장치로부터 자세 정보를 수신하고, 상기 가속도 추정부로부터 각가속도를 수신하고, 필터링부에서 추정된 시간지연값을 수신하고, 비정렬각 추정부로부터 비정렬각을 수신하고, 상기 수신된 제1 관성항법장치의 자세, 가속도, 각속도 정보와, 제2 관성항법장치의 자세 정보, 각가속도 추정부의 각가속도, 필터링부의 시간지연값, 비정렬각 추정부의 비정렬각을 근거로 자세측정치를 검출하는 제1 정합부와;

제1 관성항법장치로부터 속도를 수신하고, 제2 관성항법장치로부터 속도를 수신하고, 필터링부로부터 추정된 시간지연값을 수신하고, 상기 수신한 제1 관성항법장치의 속도, 제2 관성항법장치의 속도, 필터링부(106)의 시간지연값을 근거로 속도측정치를 검출하는 제2 정합부와;

제1 정합부로부터 자세측정치를 수신하고, 제2 정합부로부터 속도측정치를 수신하고, 시스템오차모델과 측정오차모델을 근거로 상기 시간지연값을 추정하고, 상기 제1 정합부로부터 수신된 자세측정치를 근거로 비정렬각을 추정하고, 자세측정치에 해당하는 로테이션벡터를 발생하는 필터링부와;

필터링부로부터 로테이션벡터를 수신하고, 상기 로테이션벡터를 근거로 자세 오차를 검출하고, 상기 자세 오차를 쿼터니언 형식으로 변환하고, 상기 쿼터니언 형식으로 변환된 자세 오차를 제2 관성항법장치에 출력하는 쿼터니언 변환부를 포함하며,

제2 관성항법장치는 필터링부로부터 속도오차인 속도측정치를 수신하고, 쿼터니언 변환부로부터 자세오차를 수신하는 것을 특징으로 하는 관성항법시스템의 시간지연 보상 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 관성항법시스템의 시간지연 보상 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 관성항법장치는 항체의 위치 속도 및 자세 등의 항법정보를 제공하는 장치이다. 가속도계와 자이로스코프로 각각 측정된 가속도 및 각속도 정보를 토대로 항법방정식을 적분하여 위치, 속도 및 자세를 갱신하기 때문에 외부의 도움 없이도 스스로 항법정보 계산이 가능하나 오차가 누적되는 단점이 있다. 정확한 위치, 속도 및 자세를 계산하기 위해서는 정확한 초기 위치, 속도 및 자세가 요구되며, 초기 자세를 결정하는 과정을 초기정렬이라 한다.

[0003] 초기정렬 방법 중 전달정렬은 정밀도가 상대적으로 낮은 슬레이브(종) 관성항법장치(SINS, Slave Inertial Navigation System)의 정렬을 위해 정밀한 마스터(주) 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)로부터 정렬에 필요한 항법정보를 제공받아 초기정렬을 수행하는 방법이다. 전달정렬에 사용되는 항법정보는 가속도, 각속도, 속도 및 자세 정보 등이 있으며 일반적으로 가관측성이 우수한 속도 및 자세정합 방식이 많이 사용된다. 이 경우 MINS와 SINS의 속도 정보의 차와 자세 정보의 차이를 측정치로 사용하여 비정렬각을 추정하기 때문에 MINS와 SINS의 항법정보의 시각동기가 필수적이다. 그러나 MINS에서 SINS로 데이터가 전송되는 과정에서 시간지연이 불가피하게 발생하며, 이는 전달정렬의 성능을 저하시키는 요인이 된다.

[0004] 따라서, 시간지연에 따른 물리량을 정확히 추정하여 보상하기 위한 다양한 방법이 제시되어 왔다. 그러나 선행

연구들은 공통적으로 시간지연 오차 요소를 포함한 측정방정식에서 자세측정치의 시간지연보상을 일차항으로 모델링하여 유도하였다. 선행연구들은 낮은 주파수로 기동하는 저기동 환경에서의 자세추정에는 유효하나 운동 크기가 증가할 경우 측정오차의 크기 또한 증가하기 때문에 고기동 환경에서 적용 시 모델오차로 작용하여 전달정렬 성능이 저하되어 정밀 정렬정확도를 달성할 수 없다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명은 고기동 환경에서 정렬 정확도가 감소하는 기존 전달정렬 방법의 문제점을 개선하기 위해, 주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상하는 장 및 그 방법을 제공하는 데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 본 발명의 실시 예에 따른 관성항법시스템의 시간지연 보상 장치는, 제1 관성항법장치와; 제 2 관성항법장치와; 상기 제1 관성항법장치로부터 각속도를 수신하고, 상기 수신한 각속도로부터 각가속도를 추정하는 각가속도 추정부와; 상기 제1 관성항법장치로부터 제1 관성항법장치의 자세와 가속도, 각속도 정보를 수신하고, 상기 제2 관성항법장치로부터 자세 정보를 수신하고, 상기 가속도 추정부로부터 각가속도를 수신하고, 필터링부에서 추정된 시간지연값을 수신하고, 비정렬각 추정부로부터 비정렬각을 수신하고, 상기 수신된 제1 관성항법장치의 자세, 가속도, 각속도 정보와, 제2 관성항법장치의 자세 정보, 각가속도 추정부의 각가속도, 필터링부의 시간지연값, 비정렬각 추정부의 비정렬각을 근거로 자세측정치를 검출하는 제1 정합부와; 제1 관성항법장치로부터 속도를 수신하고, 제2 관성항법장치로부터 속도를 수신하고, 필터링부로부터 추정된 시간지연값을 수신하고, 상기 수신한 제1 관성항법장치의 속도, 제2 관성항법장치의 속도, 필터링부(106)의 시간지연값을 근거로 속도측정치를 검출하는 제2 정합부와; 제1 정합부로부터 자세측정치를 수신하고, 제2 정합부로부터 속도측정치를 수신하고, 시스템오차모델과 측정오차모델을 근거로 상기 시간지연값을 추정하고, 상기 제1 정합부로부터 수신된 자세측정치를 근거로 비정렬각을 추정하고, 자세측정치에 해당하는 로테이션벡터를 발생하는 필터링부와; 필터링부로부터 로테이션벡터를 수신하고, 상기 로테이션벡터를 근거로 자세 오차를 검출하고, 상기 자세 오차를 쿼터니언 형식으로 변환하고, 상기 쿼터니언 형식으로 변환된 자세 오차를 제2 관성항법장치에 출력하는 쿼터니언 변환부를 포함하며, 제2 관성항법장치는 필터링부로부터 속도오차인 속도측정치를 수신하고, 쿼터니언 변환부로부터 자세오차를 수신할 수 있다.

**발명의 효과**

[0007] 본 발명은, 주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상함으로써 고기동 환경에서 정렬 정확도가 감소하는 기존 전달정렬 방법의 문제점을 개선할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0008] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 관성항법시스템의 시간지연 보상 장치를 나타낸 구성도이다.  
 도 2a-2b는 고기동 환경에서의 MINS의 속도 및 자세를 나타낸 예시도이다.  
 도 3a-3c 및 도 4는 고기동 환경에서 기존의 전달정렬기법과 본원 발명의 전달정렬방법의 정렬오차를 비교한 예시도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0009] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되는 것으로 해

석되어서는 아니 됨을 유의해야 한다.

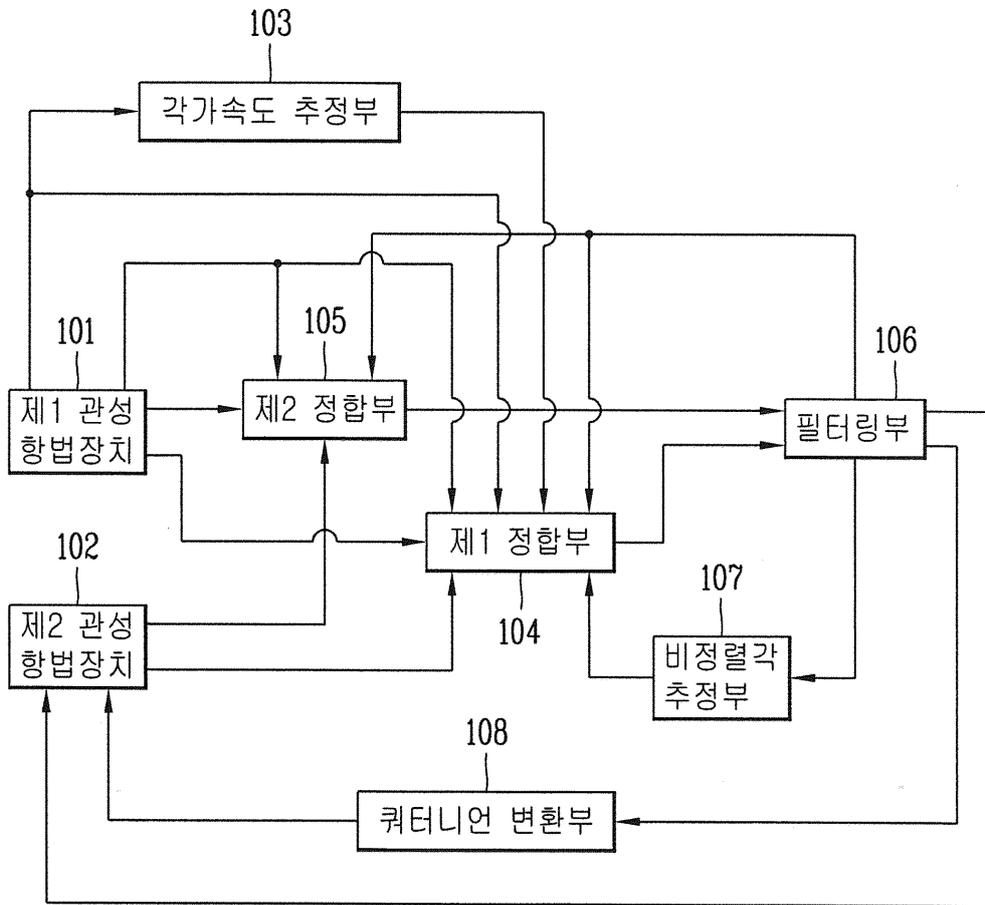
- [0010] 이하에서는, 고기동 환경에서 정렬 정확도가 감소하는 기존 전달정렬 방법의 문제점을 개선하기 위해, 주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상하는 장 및 그 방법을 설명한다. 본 발명에서는 각가속도를 각속도로부터 추정함으로써 각가속도가 출력되지 않는 MINS에도 적용이 가능하다.
- [0011] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 관성항법시스템의 시간지연 보상 장치를 나타낸 구성도이다.
- [0012] 먼저, 제1 관성항법장치(주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System))(101)는 정밀도가 상대적으로 높은 제1 관성항법 정보를 발생하고, 그 발생한 제1 관성항법 정보 중에서 각속도를 각가속도 추정부(103)에 출력하고, 제1 관성항법 정보 중에서 가속도와 각속도를 제1 정합부(104)에 출력하고, 제1 관성항법 정보 중에서 속도 및 가속도를 제2 정합부(102)에 출력한다.
- [0013] 제 2 관성항법장치(종 관성항법장치(SINS, Slave Inertial Navigation System))(102)는 제1 관성항법장치(101)의 정밀도보다 상대적으로 낮은 제2 관성항법 정보를 발생하고, 제2 관성항법 정보 중에서 자세 정보를 제1 정합부(104)에 출력하고, 제2 관성항법 정보 중에서 속도를 제2 정합부(105)에 출력하고, 필터링부(106)로부터 속도오차를 수신하고, 변환부(쿼터니언 변환부)(108)로부터 자세오차를 수신한다. 여기서, 제 2 관성항법장치(102)는 초기에 제 2 관성항법장치(102)의 제2 관성항법 정보를 발생하다가, 필터링부(106)로부터 속도오차가 수신되고, 변환부(쿼터니언 변환부)(108)로부터 자세오차가 수신되면 그 필터링부(106)로부터 수신된 속도오차와 변환부(쿼터니언 변환부)(108)로부터 수신된 자세오차를 반영한 제2 관성항법 정보를 발생한다.
- [0014] 각가속도 추정부(103)는 제1 관성항법장치(101)로부터 각속도를 수신하고, 그 수신한 각속도로부터 각가속도를 추정하고, 그 추정한 각가속도를 제1 정합부(104)에 출력한다.
- [0015] 제1 정합부(104)는 제1 관성항법장치(101)로부터 제1 관성항법장치(101)의 자세와 가속도, 각속도 정보를 수신하고, 제2 관성항법장치(102)로부터 자세 정보를 수신하고, 각가속도 추정부(103)로부터 각가속도를 수신하고, 필터링부(106)에서 추정된 시간지연값을 수신하고, 비정렬각 추정부(또는 필터링부)(107)로부터 비정렬각을 수신하고, 그 수신된 제1 관성항법장치(101)의 자세, 가속도, 각속도 정보와, 제2 관성항법장치(102)의 자세 정보, 각가속도 추정부(103)의 각가속도, 필터링부(106)의 시간지연값, 비정렬각 추정부(107)의 비정렬각을 근거로 자세측정치를 검출(계산)하고, 그 검출한 자세측정치를 필터링부(106)에 출력한다.
- [0016] 예를 들면, 제1 정합부(104)는, 제 1관성항법장치 자세의 방향코사인행렬(DCM)인  $\vec{C}_1^e$ , 추정된 비정렬각의 DCM  $\vec{C}_1^e$ , 그리고 제1 관성항법장치의 자세 DCM  $\vec{C}_1^e$ 의 시간지연이 보상된 행렬  $\vec{C}_1^e$ 를 구한 후 세 행렬의 곱인  $\vec{C}_1^e \vec{C}_1^e \vec{C}_1^e$ 를 수행하여 자세측정치를 계산한다. 이때, 제1 관성항법장치의 시간지연 보상 시 테일러급수를 이용하여 1차항 보상 시 각속도, 2차항 보상 시 각가속도, 가속도가 사용될 수 있다.
- [0017] 제2 정합부(105)는 제1 관성항법장치로부터 속도(또는 속도 및 가속도)를 수신하고, 필터링부(106)로부터 추정된 시간지연값을 수신하여 속도측정치를 필터링부(106)에 출력한다. 즉, 제2 정합부(105)는 제2 관성항법장치와 제1 관성항법장치의 속도 차이(속도측정치)를 구할 때 자세와 마찬가지로 시간지연 오차가 존재하기 때문에 제1 관성항법장치의 속도 출력에 시간지연을 보상하여 제2 관성항법장치와의 차이를 계산한다. 예를 들면, 제2 정합부(105)는 제1 관성항법장치로부터 속도를 수신하고, 제2 관성항법장치(102)로부터 속도를 수신하고, 필터링부(106)로부터 추정된 시간지연값을 수신하고, 그 수신한 제1 관성항법장치의 속도, 제2 관성항법장치(102)의 속도, 필터링부(106)의 시간지연값을 근거로 속도측정치를 검출(계산)하고, 그 검출한 속도측정치를 필터링부(106)에 출력한다.
- [0018] 필터링부(106)는 제1 정합부(104)로부터 자세측정치(자세오차)를 수신하고, 제2 정합부(105)로부터 속도측정치(속도오차)를 수신하고, 시스템오차모델과 측정오차모델을 근거로 시간지연값을 추정하고, 그 추정된 시간지연값을 제1 정합부(104) 및 제2 정합부(105)에 출력하고, 상기 비정렬각을 비정렬각 추정부(107)에 출력한다.
- [0019] 필터링부(106)는 제1 정합부(104)로부터 수신된 자세측정치(자세오차)를 10차 칼만 필터를 이용하여 비정렬각을 추정할 수 있다.
- [0020] 또한, 필터링부(106)는 추정된 속도오차를 제2 관성항법장치(101)에 출력하고, 자세측정치에 해당하는 로테이션 벡터를 발생하고, 그 로테이션벡터를 쿼터니언 변환부(108)에 출력한다. 예를 들면, 속도, 자세, 비정렬각, 시

간지연의 상태변수로 구성된 10차 칼만필터를 이용하며, 이때 측정치로서 속도오차(속도측정치)와 자세오차(자세측정치)를 사용한다.

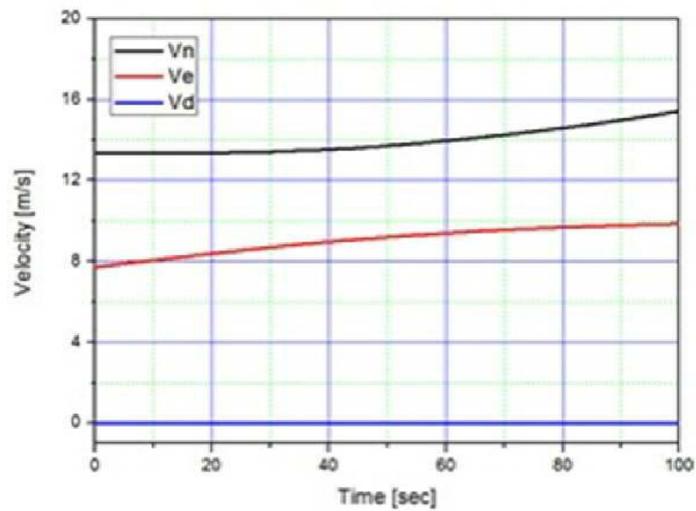
- [0021] 비정렬 추정부(107)는 필터링부(106)로부터 추정된 비정렬각을 수신하고, 그 수신한 비정렬각을 갱신하고, 그 갱신된 비정렬각을 제1 정합부(104)에 출력한다.
- [0022] 여기서, 추정된 비정렬각은 피드백을 통한 비정렬각의 "residual" 값이며, 상기 갱신된 비정렬각은 현재까지 추정된 비정렬각 "residual"의 누적된 합이다.
- [0023] 쿼터니언 변환부(108)는 필터링부(106)로부터 로테이션벡터를 수신하고, 그 수신한 로테이션벡터를 근거로 자세 오차를 검출하고, 그 자세 오차를 쿼터니언 형식으로 변환하고, 그 쿼터니언 형식으로 변환된 자세 오차를 제2 관성항법장치(102)에 출력한다. 소프트웨어 내에서는 쿼터니언 형태로 자세를 계산하기 때문에 칼만필터를 이용하여 추정된 로테이션 벡터 형태의 자세측정치를 쿼터니언 형태로 변환시켜 제 2관성항법장치로 출력한다. 제2 관성항법장치는 제2 관성항법장치의 자세의 쿼터니언 값에 자세측정치의 쿼터니언을 곱하고 이 값을 DCM으로 변환하여 제1 정합부(104)에 출력한다.
- [0024] 도 2a-2b는 고기동 환경에서의 MINS의 속도 및 자세를 나타낸 예시도로서, 도 2a는 고기동 환경에서의 MINS의 속도를 나타낸 예시도이고, 도 2b는 고기동 환경에서의 MINS의 자세를 나타낸 예시도이다.
- [0025] 도 3a-3c 및 도 4는 고기동 환경에서 기존의 전달정렬기법과 본원 발명의 전달정렬방법의 정렬오차를 비교한 예시도이다.
- [0026] 도 3a-3c 및 도 4에 도시한 바와 같이, 본 발명은 MINS의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상함으로써 고기동 환경에서도 저기동환경과 유사한 정렬성능을 얻기 위함에 있다. 이때 각가속도 정보를 각속도 정보로부터 추정함으로써 각가속도가 출력되지 않는 MINS에도 적용이 가능하다. 시간지연오차가 300ms일 때 도 2a-2b와 같은 고기동 환경에서 전달정렬을 수행하였다. 기존의 각속도만을 이용하여 시간지연을 보상한 경우(Case 1)와 각속도, 가속도, 각가속도를 이용하여 시간지연을 보상한 경우(Case 2)의 정렬오차를 비교하여 도 3a-3c 및 도 4에 나타내었다. 본 발명을 적용할 경우 롤, 피치, 헤딩 모든 자세에서 자세오차가 감소함을 확인하였다. 따라서 본 발명의 전달정렬 시간지연오차 보상 방법은 큰 시간지연 오차를 갖고 각운동이 큰 상황에서도 시간지연에 의한 전달정렬 성능 저하가 발생하지 않아 전달정렬 정확도를 크게 향상시킬 수 있다.
- [0027] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은, 주 관성항법장치(MINS, Master Inertial Navigation System)의 각속도, 각가속도 그리고 가속도를 이용하여 시간지연 오차를 보상함으로써 고기동 환경에서 정렬 정확도가 감소하는 기존 전달정렬 방법의 문제점을 개선할 수 있다.
- [0028] 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

도면

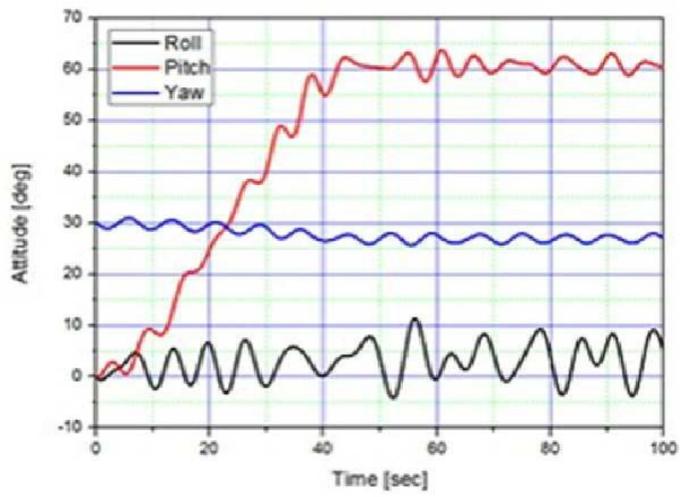
도면1



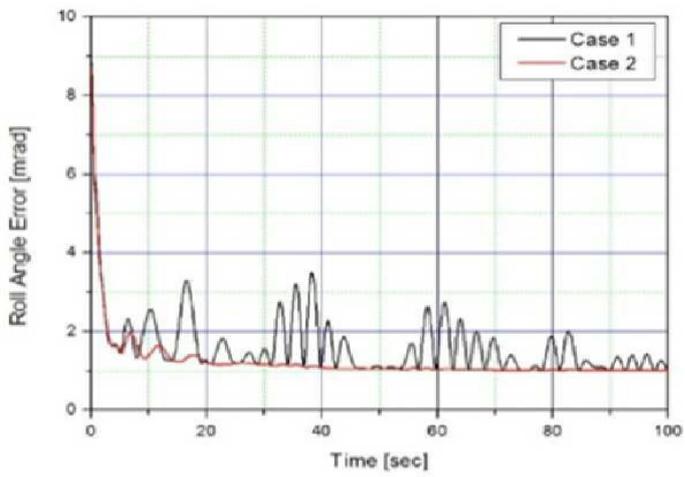
도면2a



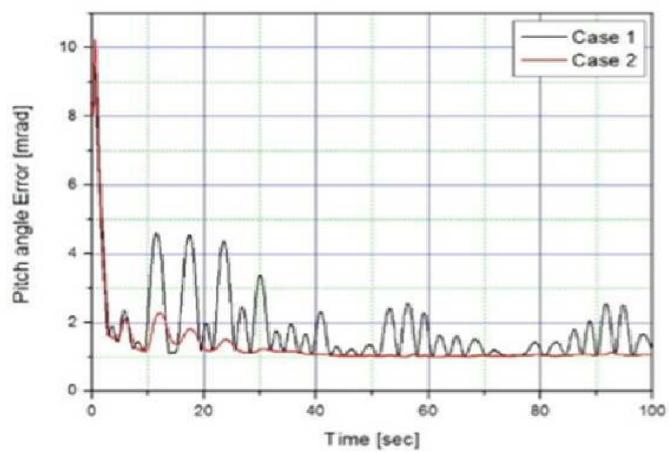
도면2b



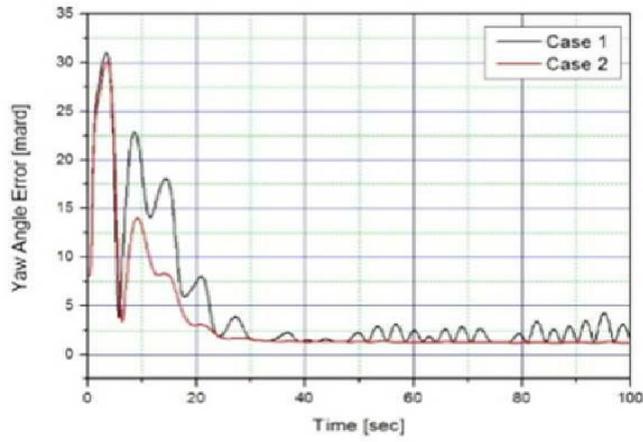
도면3a



도면3b



도면3c



도면4

	롤		피치		헤딩	
	RMS	MAX	RMS	MAX	RMS	MAX
단위	mrad	mrad	mrad	mrad	mrad	mrad
Case 1 (각속도 적용)	1.51	3.58	1.40	3.28	1.90	4.12
Case 2 (각속도, 가속도 및 각 가속도 적용)	1.09	1.21	0.97	1.11	1.23	1.61

【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 단락 [0023]

【변경전】

제2관성항법장치(101)에

【변경후】

제2관성항법장치(102)에