



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0035091
(43) 공개일자 2018년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05D 1/02 (2006.01) G01P 15/00 (2006.01)
G01S 19/14 (2010.01) G01S 19/40 (2010.01)
(52) CPC특허분류
G05D 1/0278 (2013.01)
G01P 15/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0125148
(22) 출원일자 2016년09월28일
심사청구일자 2016년09월28일

(71) 출원인
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
(72) 발명자
이종호
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부
이제홍
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 기계공학부
(74) 대리인
김기문

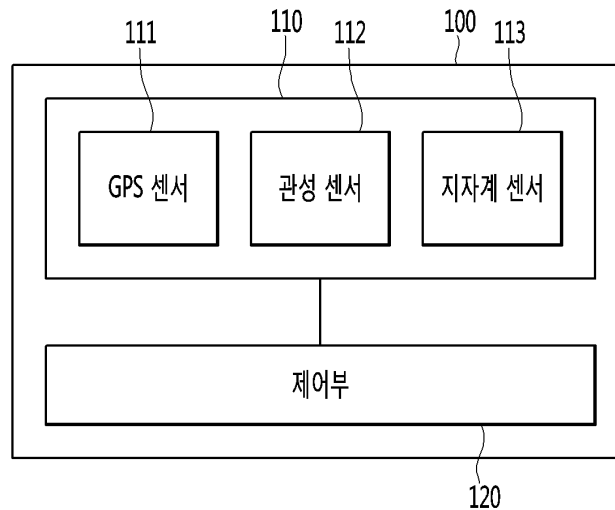
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 위치 추정 시스템 및 위치 추정 시스템을 포함하는 무인 이동 장치

(57) 요약

무인 이동 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치는 자세추정 시스템 및 위치 추정 시스템을 포함하는 무인 이동 장치로, 상기 무인 이동 장치의 각속도 및 가속도를 측정하는 가속도 센서, 상기 무인 이동 장치의 지자계 자속 밀도를 측정하는 지자계 센서, 상기 무인 이동 장치의 GPS 정보를 측정하는 GPS 센서 및 상기 가속도 센서 및 지자계 센서로부터 획득한 측정 값에 기초하여 상기 무인 이동 장치의 자세를 추정하고, 추정된 무인 이동 장치의 자세 정보 및 GPS 센서로부터 획득한 무인 이동 장치의 GPS 정보에 기초하여 무인 이동 장치의 위치를 추정하는 제어부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01S 19/14 (2013.01)

G01S 19/40 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

자세 추정 시스템 및 위치 추정 시스템을 포함하는 무인 이동 장치로,
 상기 무인 이동 장치의 각속도 및 가속도를 측정하는 가속도 센서;
 상기 무인 이동 장치의 지자계 자속 밀도를 측정하는 지자계 센서;
 상기 무인 이동 장치의 GPS 정보를 측정하는 GPS 센서; 및
 상기 가속도 센서 및 지자계 센서로부터 획득한 측정 값에 기초하여 상기 무인 이동 장치의 자세를 추정하고,
 추정한 무인 이동 장치의 자세 정보 및 GPS 센서로부터 획득한 무인 이동 장치의 GPS 정보에 기초하여 무인 이
 동 장치의 위치를 추정하는 제어부를 포함하는
 무인 이동 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 제어부는 무인 이동 장치의 초기 속도 정보 및 초기 위치 정보를 획득하고, 획득한 초기 속도 정보 및 초
 기 위치 정보에 기초하여 무인 이동 장치의 현재 위치 및 현재 속도를 예측하는
 무인 이동 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 제어부는 GPS 센서로부터 획득한 GPS 정보에 기초하여 예측된 무인 이동 장치의 현재 속도 및 위치를 보정
 하여 무인 이동 장치의 속도 및 위치를 추정하는
 무인 이동 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 제어부는 GPS 센서로부터 획득한 GPS 정보의 좌표계를 변환하고, 변환된 GPS 정보에 기초하여 무인 이동
 장치의 현재 속도 및 위치를 보정하는
 무인 이동 장치.

청구항 5

제3 항에 있어서,
 상기 제어부는 상기 추정된 무인 이동 장치의 속도 및 위치를 구속 모델을 통해 검증하는
 무인 이동 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,
 상기 제어부는 추정된 무인 이동 장치의 속도 및 위치를 검증하는데 있어서, 무인 이동 장치가 주행중인 경우
 전진 속도 측정 값을 포함하는 구속 모델을 이용하여 추정된 무인 이동 장치의 속도 및 위치를 검증하는
 무인 이동 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무인 이동 장치에 탑재된 위치 추정 시스템에 관한 것이다. 상세하게는 자기장 변화, 선형 가속도 및 GPS 위치 정보 외란에 강건한 위치 추정 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 무인 자동차, 무인 항공기, 무인 로봇 등의 무인 이동 장치 산업은 가장 기본이 되는 감지 기술 측면에 있어서 MEMS(Micro-Electromechanical System) 기반의 고정밀 초소형 센서들의 본격적인 상용화 덕분에 그 활동 영역과 시장 잠재력이 크게 증가하고 있다. 무인 이동 장치의 임무 수행을 위해서는 이동 장치의 정확한 위치 추정이 필수적이다. 현재 개발되어 상용화 되어 있는 저가형 위치 추정 시스템의 경우에는 제한된 환경에서는 정상적인 위치 추정이 가능하지만 GPS 신호가 취약한 지역에서 측정 위치 정보가 외란 되는 경우에는 그 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 알고리즘을 확보하고 있지 못하기 때문에, 많은 관련 기업에서 이를 확보하고자 노력하고 있다.

[0003] 세계로봇 연맹(IFR)에 따르면, 저가형 위치 추정 시스템과 밀접하게 관련된 분야인 서비스 이동 로봇(Mobile Robot)의 시장은 2007년 22.3억 달러 규모에서 2012년 46.5억 달러 규모까지 확대됨에 따라 향후 급격한 성장이 예상된다. 세계 로봇시장의 규모는 '12년 기준으로 133억불이고, '07년~'12년 까지 연평균 11%씩 성장해왔다. 세계로봇 연맹(IFR)에서는 세계 로봇시장의 규모를 제조용 로봇과 서비스용 로봇으로 나눠서 설명했는데, 제조용 로봇의 성장률이 8%인데 반해, 특히 서비스용 로봇의 성장률이 연평균 16%이라는 점이 눈에 띈다. 이러한 서비스용 무인 이동 장치의 경우 GPS 신호가 취약한 지역에서 정확한 임무 수행을 위해서는 위치 추정을 위한 저가형 위치 추정 시스템은 필수적이다.

[0004] 저가형 위치 추정 시스템을 적용할 수 있는 제품인 무인 이동 장치 산업은 성장기에 들어선 것으로 보인다. 저가형 위치 추정 시스템이 적용된 제품 중 하나인 무인 헬기 등은 기본적인 개념 확립 및 시제품 제작 단계를 넘어서, 양산 단계에 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 일 실시 예에 따르면 무인 이동 장치의 자세를 예측하고, 무인 이동 장치의 자세에 관한 오차 공분산을 이용하여 예측된 자세에 관한 값을 보정하는 단계를 통해 무인 이동 장치의 생산 단가를 낮출 수 있는 무인 이동 장치를 개시한다.

[0006] 또 다른 일 실시 예에 따르면, 무인 이동 장치의 자세 예측 결과에 기초하여 무인 이동 장치의 GPS 정보에 관한 오차 공분산을 이용하여 예측된 자세에 관한 값을 보정하는 단계를 통해 무인 이동 장치의 생산 단가를 낮출 수 있는 무인 이동 장치를 개시한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치는 자세 추정 시스템 및 위치 추정 시스템을 포함하는 무인 이동 장치로, 상기 무인 이동 장치의 각속도 및 가속도를 측정하는 가속도 센서, 상기 무인 이동 장치의 지자계 자속 밀도를 측정하는 지자계 센서, 상기 무인 이동 장치의 GPS 정보를 측정하는 GPS 센서 및 상기 가속도 센서 및 지자계 센서로부터 획득한 측정 값에 기초하여 상기 무인 이동 장치의 자세를 추정하고, 추정된 무인 이동 장치의 자세 정보 및 GPS 센서로부터 획득한 무인 이동 장치의 GPS 정보에 기초하여 무인 이동 장치의 위치를 추정하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치는 무인 이동 장치의 자세를 예측하고, 무인 이동 장치의 자세에 관한 오차 공분산을 이용하여 예측된 자세에 관한 값을 보정하는 단계를 통해 성능이 비교적 떨어지는 저가의 센서를 이용하더라도 높은 정확도의 자세 추정을 수행할 수 있다.

[0009] 또 다른 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치는 무인 이동 장치의 자세 예측 결과와 동역학적 시스템 모델에 기초

하여 GPS 정보에 대한 오차 공분산을 계산하고, 계산된 오차 공분산 값을 이용하여 위치 정보를 보정하는 단계를 통해 성능이 비교적 떨어지는 저가의 GPS 수신기를 이용하더라도 높은 정확도의 위치 추정을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 구성을 개략적으로 보이는 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 자세 추정 방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 3는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 위치 추정 방법을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명의 사상은 이하에 제시되는 구체적인 실시예로 제한되지 아니하며, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 및 추가 등에 의해서 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명의 사상에 포함된다고 할 것이다.
- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 구성을 개략적으로 보이는 블록도이다. 무인 이동 장치는 예를 들면 무인 비행체, 무인 농기계, 무인 구조 로봇, 무인 군사 로봇, 무인 자동차, 무인 감시 로봇일 수 있다.
- [0013] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치(100)는 센서부(110) 및 제어부(120)을 포함할 수 있다. 그리고 센서부(110)는 GPS(Global Positioning System) 센서(111), 관성 센서(112), 및 지자계 센서(113) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0014] GPS 센서(111)는 무인 이동 장치(100)의 위치를 판단할 수 있다. 구체적으로 GPS 센서(111)는 인공 위성으로부터 무인 이동 장치(100)의 위치를 좌표화 하기 위한 데이터를 수신하고, 데이터를 연산하여 좌표화된 무인 이동 장치(100)의 위치를 감지할 수 있다. GPS 센서(111)는 3대의 GPS 위성과의 거리를 통해 현재 위치를 계산할 수 있다. 자세한 알고리즘은 통상의 기술자에게 자명한 내용으로 여기에서는 자세한 설명을 생략한다.
- [0015] 관성 센서(112)는 무인 이동 장치(100)의 가속도를 측정할 수 있다. 구체적으로 관성 센서(112)는 무인 이동 장치(100)의 관성력을 검출하여 무인 이동 장치(100)가 얼마만큼의 힘을 받고 있는지 측정할 수 있다. 이때 측정된 힘은 무인 이동 장치의 가속도를 측정하는데 이용될 수 있다.
- [0016] 이때 관성 센서(112)는 가속도 센서 및 자이로 센서를 포함할 수 있다. 가속도 센서는 지구의 중력 가속도를 기준으로 사물이 얼마만큼의 힘을 받고 있는지를 측정하는 센서이다. 즉 가속도 센서는 사물이 가만히 있을 때 사물에 작용하는 중력 가속도를 x , y , z 축으로 벡터 3개로 나누어 크기를 측정한다. 그리고 기울어져 있을 때의 중력 가속도를 x , y , z 축으로 나누어 측정한다. 중력 가속도는 고정된 값으로, 중력 가속도는 x , y , z 벡터의 합으로 나타낼 수 있다. 다시 말해서, 가속도 센서는 특정 자세에서의 중력 가속도를 x , y , z 축으로 분할한 벡터값을 측정하여 사물의 가속도를 측정할 수 있다. 가속도 센서는 사물의 기울어진 정도를 파악하거나, 진동을 파악하는데 사용될 수 있다.
- [0017] 자이로 센서는 사물의 각속도를 측정하는 센서이다. 자이로 센서는 물체가 회전하는 경우 회전 방향과 수직으로 발생하는 코리올리의 힘(전향력)을 측정하여 물체의 각속도를 측정한다. 가속도 센서만을 이용하는 경우, 3축에 대한 회전각 중 지표면에 수직인 면에 대해 회전하는 각(방위각)을 측정할 수 없다. 따라서, 자이로 센서는 가속도 센서로 측정할 수 없는 방위각에 대한 정보를 제공한다. 또한, 자이로 센서는 모든 축에 대한 회전각 정보를 제공할 수 있다.
- [0018] 지자계 센서(113)는 지구 자기장의 세기 및 방향을 측정하는 센서이다. 구체적으로 지자계 센서(113)는 지구 자기장에 의한 북쪽인 자북 방향을 측정하고 또한 지구 자기장의 세기를 측정할 수 있다.
- [0019] 제어부(120)는 센서부(110)로부터 획득한 데이터를 이용하여 무인 이동 장치(100)의 자세 및 위치를 추정할 수 있다.
- [0020] 상세한 추정 방법은 도 2를 참조하여 설명한다. 일 실시 예에서 제어부(120) 및 센서부(110)는 각각이 독립적인 하드웨어 칩일 수 있다. 또 다른 실시 예에서, 제어부(120) 및 센서부(110)는 물리적으로 통합된 하나의 하드웨어

어 칩일 수 있다.

- [0021] 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치(100)는 상술한 센서부(110) 및 제어부(120)와 추가적인 구성을 포함할 수 있다. 예를 들면, 무인 이동 장치(100)는 제어부(120)의 제어를 받아 무인 이동 장치를 이동시키는 이동 수단을 포함할 수 있다. 또한, 무인 이동 장치(100)는 특정 용도에 따라 필수적인 추가 수단을 포함할 수 있다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 자체 추정 방법을 나타내는 흐름도이다. 첨부된 도면의 도 2a와 도 2b를 합쳐 도 2라고 지칭한다. 도 2에서 설명하고 있는 흐름도는 한번의 수행으로 바로 종료되는 것이 아닌, 반복적으로 루프를 도는 흐름도일 수 있다. 다시 말해서, 무인 이동 장치(100)는 기 설정된 시간 간격에 따라 도 2의 흐름도를 반복하여 수행함으로써 무인 이동 장치(100)의 자세를 계속적으로 추정할 수 있다.
- [0023] 무인 이동 장치의 제어부(120)는 자세 추정 시스템의 초기화가 필요한지 여부를 판단한다(S1001). 자세 추정 시스템의 초기화는 필요할 수도 있고 필요하지 않을 수도 있는바, 모든 경우에서 시스템을 초기화하는 것은 효율적이지 않을 수 있다. 따라서, 제어부(120)는 자세 추정 시스템의 알고리즘을 시작할 때 시스템의 초기화가 필요한지 여부를 판단할 수 있다.
- [0024] 일 실시 예에서 시스템의 초기화가 필요한 경우, 제어부(120)는 알고리즘 관련 변수 및 자세 정보를 초기화한다(S1003). 이때 제어부(120)가 초기화하는 변수는 초기 자세 정보, 오차 공분산 초기값, 시스템 모델의 오차 공분산, 가속도 센서의 측정 오차 공분산, 지자기 센서의 측정 오차 공분산, 직전 선형가속도일 수 있다.
- [0025] 구체적인 예를 들면, 초기 자세 정보는 시스템에 기 설정된 무인 이동 장치(100)의 기준 자세 정보일 수 있다. 또 다른 예를 들면 초기 자세 정보는 바로 직전의 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 자세 정보일 수 있다.
- [0026] 또한, 오차 공분산 초기값, 시스템 모델의 오차 공분산, 가속도 센서의 측정 오차 공분산, 지자기 센서의 측정 오차 공분산 값은 특정 상수일 수 있다. 다시 말해서 상술한 오차 공분산 값들은 자세 추정 시스템에 따라 특정된 상수 값일 수 있다.
- [0027] 일 실시 예에서 직전 선형 가속도는 직전 루프에서 획득한 선형 가속도 값일 수 있다. 또 다른 일 실시 예에서 직전 선형 가속도는 0(zero)일 수 있다.
- [0028] 또 다른 실시 예에서 제어부(120)가 자세 추정 시스템의 초기화가 필요하지 않다고 판단하는 경우, 제어부(120)는 직전 루프에서의 자세 추정값 및 직전 루프에서의 오차 공분산 값을 갱신한다(S1005). 다시 말해서, 제어부(120)는 시스템의 초기값으로 직전 루프에서 획득한 자세 추정값 및 오차 공분산 값을 이용한다.
- [0029] 시스템 초기화가 완료되면, 제어부(120)는 타이머 초기화 및 정보 갱신 주기를 계산한다(S1007). 이때 타이머 초기화는 루프가 한번 도는 단위 시간을 알기 위한 것이다.
- [0030] 제어부(120)는 각속도 적분을 통해 무인 이동 장치의 자세를 예측한다(S1009). 구체적으로 제어부(120)는 관성 센서(112)를 통해 무인 이동 장치의 각속도를 측정한다. 그리고 제어부(120)는 측정된 각속도를 적분하여 무인 이동 장치의 자세를 예측한다. 예측 값은 (roll, pitch, yaw)로 나타낼 수 있다. roll, pitch, yaw는 각각의 축에 대한 오일러 각이다. 구체적으로 roll은 x축에 대한 회전각이고, pitch는 y축에 대한 회전각이고, yaw는 z축에 대한 회전각이다.
- [0031] 제어부(120)는 각속도 값에 근거하여 예측한 자세 값에 대하여 1차 오차 공분산 갱신을 수행한다(S1011). 이때 1차 오차 공분산 갱신은 칼만 필터(Kalman filter)를 이용하여 수행할 수 있다. 오차 공분산 갱신을 위한 구체적인 수식은 아래 수학적 식 1과 같다.

수학적 식 1

[0032]
$$P_1 = F \cdot P_{prev} \cdot F^T + Q$$

- [0033] 여기에서, P_1 은 1차 갱신된 오차 공분산 값이다. 그리고 F 는 예측 모델 값으로 구체적으로 자세 정보와 각속도 간의 역학적 관계를 나타내는 값일 수 있다. F^T 는 예측 모델의 전치 행렬이다. 그리고 P_{prev} 는 이전 루프에서 획득한 오차 공분산 값이다.

- [0034] 1차 오차 공분산의 갱신이 완료되면, 제어부(120)는 수학식 2를 통해 무인 이동 장치의 선형 가속도를 예측한다(S1013). 구체적으로 제어부(120)는 센서부(110)로부터 획득한 가속도 값에 기초하여 무인 이동 장치의 선형 가속도를 예측할 수 있다.

수학식 2

[0035]
$$A_{linear} = C_a \cdot A_{linear,prev} + N_a$$

- [0036] 여기에서, A_{linear} 는 예측된 선형 가속도이다. C_a 는 모델 상수 값으로 0과 1 사이 값이다. N_a 는 모델의 오차와 관련된 상수 값으로 0보다 큰 값이다. $A_{linear, prev}$ 는 직전 루프에서 획득한 선형 가속도 값이다.

- [0037] 제어부(120)는 수학식 3을 통해 무인 이동 장치의 중력 가속도를 예측한다. 다시 말해서 제어부(120)는 수학식 3을 통해 무인 이동 장치가 중력에 대하여 얼마나 기울어져 있는지를 예측한다. 결과적으로 제어부(120)는 수학식 3을 통해 예측된 roll 과 pitch를 획득할 수 있다.

수학식 3

[0038]
$$A_g = C_n^b \cdot (A_{sensor} - A_{linear})$$

- [0039] 여기에서, A_g 는 중력가속도이다. 그리고 C_n^b 는 방향 코사인 행렬이다. A_{sensor} 는 가속도 센서에서 측정된 가속도 값이다. A_{linear} 는 수학식 2에 따라 예측된 선형 가속도 값이다.

- [0040] 제어부(120)는 측정된 가속도가 임계치보다 작은지 여부를 판단한다(S1017). 측정된 가속도가 너무 빠르면 해당 값을 신뢰할 수 없다. 구체적으로 선형 가속도값이 크면, 중력가속도와의 합벡터가 수평으로 측정될 수 있다. 이때의 선형 가속도 값은 자세를 추정하는데 노이즈로 작용되어 정확한 자세 추정을 방해할 수 있는바, 제어부(120)는 임계치보다 큰 가속도 값을 버릴 수 있다. 예를 들면 임계치는 중력 가속도와 선형 가속도를 합하여 10.5로 설정될 수 있다.

- [0041] 일 실시 예에서, 측정 가속도가 임계치보다 큰 경우, 제어부(120)는 해당 측정 가속도 값을 의미 없는 값으로 판단하여 버리고 바로 단계 S1025로 넘어간다.

- [0042] 일 실시 예에서, 측정 가속도가 임계치보다 작은 경우 제어부는 제1 가중치를 수학식 4를 통해 계산한다(S1019).

수학식 4

[0043]
$$K_{accel} = P_1 \cdot H_{accel} \cdot (H_{accel} \cdot P_1 \cdot H_{accel}^T + R_{accel})^{-1}$$

- [0044] 여기에서, K_{accel} 은 제1 가중치이다. P_1 은 단계 S1011에서 1차 갱신된 오차 공분산값이다. H_{accel} 은 측정 모델로 자세 정보와 중력 가속도간의 역학적 관계를 나타낸다. H_{accel}^T 는 측정 모델의 전치 행렬이다. R_{accel} 은 가속도 센서의 측정 오차 공분산이다.

- [0045] 제어부(120)는 단계 S1015에서 예측된 중력 가속도 값 및 단계 S1019에서 계산된 제1 가중치 값을 이용하여 roll과 pitch를 보정한다(S1021). 구체적으로 제어부(120)는 수학식 5를 통해 roll과 pitch를 보정한다.

수학식 5

$$X = X_{prev} + K_{accel} \cdot (A_{sensor} - A_g - A_{linear})$$

[0046]

[0047]

여기에서 X는 무인 이동 장치의 자세 정보이다. 다시 말해서, X는 단계 S1009에서 예측된 자세 정보 값을 중력 가속도 및 가중치를 이용하여 보정한 자세 정보 값이다. X_{prev} 는 이전 루프에서 획득한 자세 정보이다. K_{accel} 은 제1 가중치 값이다. A_{sensor} 는 가속도 센서에서 측정된 무인 이동 장치의 가속도이다. A_g 는 중력가속도이다. A_{linear} 는 단계 S1013에서 예측된 선형가속도이다.

[0048]

제어부(120)는 가중치를 이용하여 2차 오차 공분산 갱신을 수행한다(S1023). 구체적으로 제어부(120)는 수학식 6을 통해 2차 오차 공분산 갱신을 수행한다.

수학식 6

$$P_2 = (I - K_{accel} \cdot H_{accel}) \cdot P_1$$

[0049]

[0050]

P_2 는 2차 갱신 오차 공분산 값이다. 제어부(120)는 오차 공분산 값을 갱신하여 무인 이동 장치의 자세를 보다 정확하게 추정할 수 있다. K_{accel} 는 제1 가중치이다. P_1 은 1차 갱신 오차 공분산 값이다. H_{accel} 은 측정 모델로서 자세 정보와 중력 가속도 간의 역학적 관계를 나타낸다.

[0051]

제어부(120)는 지자계 자속 밀도(earth magnetic flow density)를 계산한다(S1025). 구체적으로 제어부(120)는 지자계 센서(113)로부터 획득한 자속 밀도 값에 기초하여 지자계 자속 밀도를 계산한다.

[0052]

제어부(120)는 특정된 지표면과 지구 자기장이 이루는 각도(측정 경사각, ψ_{dir})와 기준 지표면과 지구 자기장이 이루는 각도(기준 경사각, ψ_{dir0})간의 차가 경사각 임계치(y_1)보다 작은 값인지 여부를 판단한다(S1027). 구체적으로 제어부(120)는 측정 경사각이 일정 값 이상인 경우 노이즈로 판단하여 해당 값을 버린다. 일 실시 예에서 측정 경사각과 기준 경사각간의 차가 경사각 임계치를 초과하는 경우 제어부(120)는 yaw를 보정하지 않고 바로 단계 S1043으로 넘어간다.

[0053]

제어부(120)는 자속 밀도의 세기(B)와 기준 자속 밀도 세기(B_0)간의 비율이 측정 자속 밀도의 임계치(y_2)보다 작은 값인지 여부를 판단한다(S1029). 구체적으로 제어부(120)는 측정된 자속 밀도의 세기를 기준 자속 밀도 세기로 나눈 값이 일정 값 이상인 경우 노이즈로 판단하여 해당 값을 버린다. 일 실시 예에서, 측정 자속 밀도와 기준 자속 밀도간 비율이 자속 밀도 임계치를 초과하는 경우, 제어부(120)는 yaw를 보정하지 않고 바로 단계 S1043으로 넘어간다.

[0054]

제어부(120)는 추정값 갱신 주기 동안 지자계 센서로 측정한 방향각의 변화량($\Delta\psi_{mag}$)과 추정값 갱신 주기 동안 각속도 센서로 측정한 방향각의 변화량($\Delta\psi_{gyro}$)간의 차가 추정값 갱신 주기 동안의 지자계 센서 및 각속도 센서로 측정한 방향각의 변화량 임계치보다 작은 값인지 여부를 판단한다(S1031). 구체적으로 제어부(120)는 일 실시 예에서, 추정값 갱신 주기 동안 지자계 센서로 측정한 방향각의 변화량($\Delta\psi_{mag}$)과 추정값 갱신 주기 동안 각속도 센서로 측정한 방향각의 변화량($\Delta\psi_{gyro}$)간의 차가 추정값 갱신 주기 동안의 지자계 센서 및 각속도 센서로 측정한 방향각의 변화량 임계치를 초과하는 경우, 제어부(120)는 yaw를 보정하지 않고 바로 단계 S1043으로 넘어간다.

[0055]

일 실시 예에서, 단계 S1027, S1029, S1031의 각각의 값들이 각각의 임계치(y_1, y_2, y_3)보다 작은 경우, 제어부(120)는 지자계 센서로부터 획득한 값을 이용하여 방위각(ψ_{mag})을 계산한다(S1033). 여기에서 방위각이란, 지

표면에 수직인 면에 대해 회전하는 각이다. 방위각은 yaw값을 보정하는데 이용될 수 있다.

[0056] 제어부(120)는 현재 지자계 센서로 측정한 방위각(Ψ_{mag})과 비교 기준이 되는 방위각(Ψ_{prev})간의 차가 지자계로 측정한 방위각의 신뢰 임계치(y_4)보다 작은지 여부를 판단한다(S1035). 일 실시 예에서, 현재 지자계 센서로 측정한 방위각(Ψ_{mag})과 비교 기준이 되는 방위각(Ψ_{prev})간의 차가 지자계로 측정한 방위각의 신뢰 임계치(y_4)를 초과하는 경우, 제어부(120)는 yaw를 보정하지 않고 바로 단계 S1043으로 넘어간다.

[0057] 일 실시 예에서, 현재 지자계 센서로 측정한 방위각(Ψ_{mag})과 비교 기준이 되는 방위각(Ψ_{prev})간의 차가 지자계로 측정한 방위각의 신뢰 임계치(y_4)보다 작은 경우, 제어부(120)는 제2 가중치를 계산한다. 제어부는 수학적 식 7을 통해 제2 가중치를 계산할 수 있다.

수학적 식 7

$$K_{mag} = P_2 \cdot H_{mag} \cdot (H_{mag} \cdot P_2 \cdot H_{mag}^T + R_{mag})^{-1}$$

[0059] K_{mag} 는 제2 가중치 이다. P_2 는 2차 갱신 오차 공분산이다. H_{mag} 는 측정 모델로서, 자세 정보와 지자계 센서간의 역학적 관계를 나타낸다. H_{mag}^T 는 측정 모델의 전치행렬이다. R_{mag} 는 지자계 센서의 측정 오차 공분산이다.

[0060] 제어부(120)는 제2 가중치 및 방위각을 이용하여 yaw를 보정한다(S1039). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 식 8을 통해 yaw를 보정한다.

수학적 식 8

$$\Psi = \Psi_{predicted} + K_{mag} \cdot (\Psi_{mag} - \Psi_{predicted})$$

[0062] Ψ 는 자세 정보이다. 특히 yaw를 나타낸다. $\Psi_{predicted}$ 는 예측된 자세 정보를 나타낸다. 구체적으로 $\Psi_{predicted}$ 는 단계 S1009에서 예측된 yaw를 나타낸다. K_{mag} 는 제2 가중치를 나타낸다. Ψ_{mag} 는 지자계 센서를 이용하여 계산된 방위각이다.

[0063] 제어부(120)는 상술한 단계를 통해 보정된 자세 추정값 및 오차 공분산 값을 이용하여 자세 추정 시스템의 자세 추정 값 및 오차 공분산 값을 갱신한다(S1043). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 식 9를 통해 최종 오차 공분산 값을 갱신할 수 있다.

수학적 식 9

$$P = (I - K_{mag} \cdot H_{mag}) \cdot P_2$$

[0065] 여기서, P는 최종 갱신된 오차 공분산 값이다. P_2 는 2차 갱신 오차 공분산이다. K_{mag} 는 제2 가중치이다. H_{mag} 는 측정 모델로서, 자세 정보와 중력 가속도 간의 역학적 관계를 나타낸다. 최종 오차 공분산은 다음 루프에서 초기값으로 이용될 수 있다.

[0066] 상술한 알고리즘을 통해, 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치(100)는 비교적 정확도가 떨어지는 센서 모듈을 이용하는 상황에서도 무인 이동 장치(100)의 자세(roll, pitch, yaw)를 보다 정확하게 추정할 수 있다.

결과적으로, 본 발명의 일 실시 예에 따른 알고리즘은 고가의 센서를 이용하지 않고도 비교적 정확하게 무인 이동 장치(100)의 자세를 추정할 수 있는바 생산 단가를 낮추는 효과가 있다.

- [0067] 도 3는 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치의 위치 추정 방법을 나타내는 흐름도이다. 첨부된 도면의 도 3a와 도3b를 합쳐 도 3이라고 지칭한다. 여기에서 설명하는 무인 이동 장치의 위치란, 위도 및 경도로 좌표화된 무인 이동 장치의 위치를 의미한다. 도 3에서 설명하고 있는 흐름도는 한번의 수행으로 바로 종료되는 것이 아닌, 반복적으로 루프를 도는 흐름도일 수 있다. 다시 말해서, 무인 이동 장치(100)는 기 설정된 시간 간격에 따라 도 3의 흐름도를 반복하여 수행함으로써 무인 이동 장치(100)의 위치를 계속적으로 추정할 수 있다.
- [0068] 무인 이동 장치(100)의 제어부(120)는 위치 추정 시스템의 초기화가 필요한지 여부를 판단한다(S2001). 위치 추정 시스템의 초기화는 필요할 수도 있고 필요 하지 않을 수도 있는바, 모든 경우에서 시스템을 초기화하는 것은 효율적이지 않을 수 있다. 따라서, 제어부(120)는 위치 추정 시스템의 알고리즘을 시작할 때 시스템의 초기화가 필요한지 여부를 판단할 수 있다.
- [0069] 일 실시 예에서 시스템의 초기화가 필요한 경우, 제어부(120)는 알고리즘 관련 변수, 위치 정보 및 속도 정보를 초기화한다(S2003). 이때 제어부(120)가 초기화하는 변수는 초기 위치 정보, 초기 속도 정보, 자세 정보 오차 공분산 초기값, 시스템 모델의 오차 공분산, 가속도 센서의 측정 오차 공분산, GPS 센서의 측정 오차 공분산, 구속 모델의 오차 공분산 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0070] 구체적인 예를 들면, 초기 위치 정보 또는 초기 속도 정보는 기 설정된 무인 이동 장치(100)의 기준 위치 정보 또는 기준 속도 정보일 수 있다. 또 다른 예를 들면, 초기 위치 정보 또는 초기 속도 정보는 바로 직전의 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 위치 정보 또는 속도 정보일 수 있다.
- [0071] 또한, 자세 정보 오차 공분산 초기값은 도 2에서 획득한 자세 정보에 대한 오차 공분산 값일 수 있다.
- [0072] 한편, 자세 정보 오차 공분산 초기값, 시스템 모델의 오차 공분산, 가속도 센서의 측정 오차 공분산, GPS 센서의 측정 오차 공분산 및 구속 모델의 오차 공분산은 특정 상수 일 수 있다.
- [0073] 또 다른 실시 예에서 제어부(120)가 위치 추정 시스템의 초기화가 필요하지 않다고 판단하는 경우, 제어부(120)는 직전 루프에서의 위치 추정 값, 속도 추정 값 및 오차 공분산 값을 갱신한다(S2005). 다시 말해서, 제어부(120)는 시스템의 초기값으로 직전 루프에서 획득한 위치/속도 추정 값 및 오차 공분산 값을 이용한다.
- [0074] 시스템 초기화가 완료되면, 제어부(120)는 도 2에서 설명한 방법을 통해 무인 이동 장치(100)의 자세 정보를 갱신한다(S2007). 무인 이동 장(100)가 현재 위치를 추정하기 위해서는 현재 자세 정보가 필요하다. 따라서, 무인 이동 장치(100)의 위치를 추정하기에 앞서, 도 2의 방법에 따라 제어부(120)는 무인 이동 장치의 자세 정보를 추정하고, 추정된 데이터를 시스템에 갱신한다.
- [0075] 시스템 초기화가 완료되면, 제어부(120)는 타이머 초기화 및 추정값 갱신 주기를 계산한다. 이때, 타이머 초기화는 루프가 한번 도는 단위 시간을 알기 위한 것이다.
- [0076] 제어부(120)는 시스템 초기화시에 갱신된 정보를 이용하여 무인 이동 장치의 현재 위치를 예측한다(S2011). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 10를 통해 무인 이동 장치의 현재 위치를 예측한다.

수학적 10

$$L=L_{prev}+V_{prev} \cdot \Delta t$$

- [0077]
- [0078] 여기에서, L은 무인 이동 장치의 현재 위치 예측 값이다. L_{prev} 는 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 위치 정보이다. V_{prev} 는 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 속도 정보이다. Δt 는 추정값 갱신 주기이다.
- [0079] 제어부(120)는 무인 이동 장치의 현재 속도를 예측한다(S2013). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 11을 통해 무인 이동 장치의 현재 속도를 예측한다.

수학식 11

$$V = V_{prev} + A_{linear} \cdot \Delta t$$

[0080]

[0081]

여기에서, V는 예측된 무인 이동 장치의 현재 속도이다. V_{prev} 는 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 속도 정보이다. A_{linear} 는 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 선형 가속도 정보이다. Δt 는 추정값 갱신 주기이다.

[0082]

제어부(120)는 예측된 무인 이동 장치의 위치 및 속도에 대한 3차 오차 공분산 갱신을 수행한다. 구체적으로 제어부(120)는 수학식 12을 통해 3차 오차 공분산 갱신을 수행한다.

수학식 12

$$P_{new} = F \cdot P_{prev} \cdot F^T + Q$$

[0083]

[0084]

P_{new} 는 3차 갱신되는 오차 공분산이다. F는 예측모델로서 위치, 속도 정보와 선형 가속도 및 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 위치, 속도, 자세 정보간의 역학적 관계를 나타낸다. F^T 는 예측 모델의 전치 행렬이다. 3차 오차 공분산 갱신은 다른 오차 공분산 갱신과 마찬가지로 칼만필터를 이용하여 수행된다.

[0085]

제어부(120)는 무인 이동 장치의 위치를 보정하기 위해 GPS 정보를 갱신한다(S2017). 구체적으로 제어부(120)는 GPS 센서로부터 측정된 무인 이동 장치의 위치 정보 및 속도 정보를 획득하여 GPS 정보를 갱신할 수 있다. GPS 센서가 무인 이동 장치의 위치 정보 및 속도 정보를 획득하는 방법은 상술하였는바 여기에서는 설명을 생략한다.

[0086]

제어부(120)는 갱신된 GPS 정보의 좌표계를 변환한다(S2019). 구체적으로 제어부(120)는 수학식 13를 통해 GPS 정보의 좌표계를 변환한다.

수학식 13

$$X_{GPS} = C_e^n \cdot M_{GPS}$$

[0087]

[0088]

여기에서, X_{GPS} 는 좌표 변환된 GPS 센서로 측정된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보이다. C_e^n 는 좌표 변환 행렬로서, GPS 정보의 LLA 좌표계를 항법 좌표계로 변환한다. M_{GPS} 는 GPS 센서에서 측정된 LLA 좌표계에서의 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보이다.

[0089]

제어부(120)는 제3 가중치를 계산한다(S2021). 구체적으로 제어부는 수학식 14를 통해 제3 가중치를 계산한다.

수학식 14

$$K_{GPS} = P \cdot H_{GPS} \cdot (H_{GPS} \cdot P \cdot H_{GPS}^T + R_{GPS})^{-1}$$

[0090]

[0091]

여기에서, K_{GPS} 는 제3 가중치이다. P는 단계 S2015에서 갱신된 오차 공분산이다. H_{GPS} 는 측정 모델로서, 예측된 위치, 속도 정보와 GPS 센서에서 측정된 무인 이동 장치의 위치, 속도 정보와의 관계를 나타낸다. H_{GPS}^T 는 측정 모델의 전치행렬이다. R_{GPS} 는 GPS 센서의 측정 오차 공분산이다.

[0092]

제어부(120)는 제3 가중치를 이용하여 예측된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보를 보정한다(S2023). 구체적

으로 제어부(120)는 수학적 식 15을 통해 예측된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보를 보정한다.

수학적 식 15

$$X = X_{predicted} + K_{GPS} \cdot (X_{GPS} - X_{predicted})$$

여기에서, X 는 무인 이동 장치의 보정된 위치 및 속도 정보이다. $X_{predicted}$ 는 예측된 무인 이동 장치의 속도 및 위치 정보이다. X_{prev} 는 직전 루프에서 획득한 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보이다. K_{GPS} 는 제3 가중치이다. X_{GPS} 는 좌표 변환된 GPS 정보이다.

제어부(120)는 보정된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보를 검증하기 위한 4차 오차 공분산 갱신을 수행한다(S2025). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 식 16를 통해 4차 오차 공분산 갱신을 수행한다.

수학적 식 16

$$P_{new} = (I - K_{GPS} \cdot H_{GPS}) \cdot P_{old} \cdot (I - K_{GPS} \cdot H_{GPS})^T + K_{GPS} \cdot R_{GPS} \cdot K_{GPS}^T \cdot \Delta t$$

여기에서, P_{new} 는 4차 갱신 오차 공분산 값이다. P_{old} 는 3차 갱신 오차 공분산이다. P_{prev} 는 직전 루프에서 갱신된 4차 갱신 오차 공분산이다. I 는 단위행렬이다. K_{GPS} 는 제3 가중치이다. H_{GPS} 는 측정 모델로서, 예측된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보와 GPS 센서로부터 측정된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보와의 역학적 관계를 나타낸다. H_{GPS}^T 는 측정 모델의 전치행렬이다. Δt 는 추정값 갱신 주기이다.

제어부(120)는 전진 속도 측정 센서 사용 여부를 판단한다(S2027). 구체적으로 제어부(120)는 무인 이동 장치가 현재 주행중인지 여부를 판단하여 전진 속도 측정 센서의 사용 여부를 판단한다. 예를 들면, 무인 이동 장치가 현재 주행중인 경우, 제어부(120)는 전진 속도 측정 센서를 사용할 것으로 판단할 수 있다.

일 실시 예에서, 제어부(120)가 전진 속도 측정 센서를 사용할 필요가 없다고 판단하는 경우 바로 단계 S2031로 넘어간다.

또 다른 실시 예에서, 제어부(120)가 전진 속도 측정 센서를 사용한다고 판단하는 경우, 제어부(120)는 전진 속도 측정 값을 갱신한다(S2029). 구체적으로 제어부(120)는 전진 속도 측정 센서로부터 현재 무인 이동 장치의 전진 속도 값을 획득하고 이를 시스템에 갱신한다.

제어부(120)는 구속 모델을 통해 무인 이동 장치의 위치 및 속도 추정값을 검증한다(S2031). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 식 17로 표현 가능한 구속 모델을 통해 무인 이동 장치의 위치 및 속도 추정값을 검증한다. 이때, 구속 모델이란 위치 추정 시스템이 적용되는 무인 이동 장치의 동역학적 제약조건을 표현하기 위한 모델이다.

수학적 식 17

$$X_{cons} = H_{cons} \cdot X$$

X 는 검증하고자하는 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보이다. H_{cons} 는 무인 이동 장치의 위치, 속도 및 자세와 관련된 수식으로 구성된 구속 모델이다. X_{cons} 는 구속 모델을 통해 검증된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보이다.

제어부(120)는 제4 가중치를 계산한다(S2033). 구체적으로 제어부(120)는 수학적 식 18을 통해 제4 가중치를 계산한다.

수학식 18

$$K_{cons} = P \cdot H_{cons} \cdot (H_{cons} \cdot P \cdot H_{cons}^T + R_{cons})^{-1}$$

[0105]

[0106]

K_{cons} 는 제4 가중치이다. P 는 4차 갱신된 오차 공분산이다. H_{cons} 는 측정 모델로서 무인 이동 장치의 위치, 속도 정보와 구속 모델간의 역학적 관계를 나타낸다. 또한, H_{cons} 는 전진 속도 측정 값이 존재하는 경우 전진 속도를 포함하는 역학적 관계를 나타낸다. H_{cons}^T 는 측정 모델의 전치행렬이다. R_{cons} 는 구속 모델의 오차 공분산이다.

[0107]

제어부(120)는 최종 오차 공분산을 갱신한다(S2037). 구체적으로 제어부(120)는 수학식 19을 통해 최종 오차 공분산 갱신을 수행한다. 최종 갱신된 오차 공분산은 다음 루프에서 초기값으로 이용될 수 있다.

수학식 19

$$P_{new} = (I - K_{cons} \cdot H_{cons}) \cdot P_{old} \cdot (I - K_{cons} \cdot H_{cons})^T + K_{cons} \cdot R_{cons} \cdot K_{cons}^T \cdot \Delta t$$

[0108]

[0109]

여기에서, P_{new} 는 최종 갱신 오차 공분산 값이다. P_{old} 는 4차 갱신 오차 공분산이다. P_{prev} 는 직전 루프에서 갱신된 최종 갱신 오차 공분산이다. I 는 단위행렬이다. K_{cons} 는 제4 가중치이다. H_{cons} 는 측정 모델로서, 예측된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보와 GPS 센서로부터 측정된 무인 이동 장치의 위치 및 속도 정보와의 역학적 관계를 나타낸다. H_{cons}^T 는 측정 모델의 전치행렬이다. Δt 는 추정값 갱신 주기이다.

[0110]

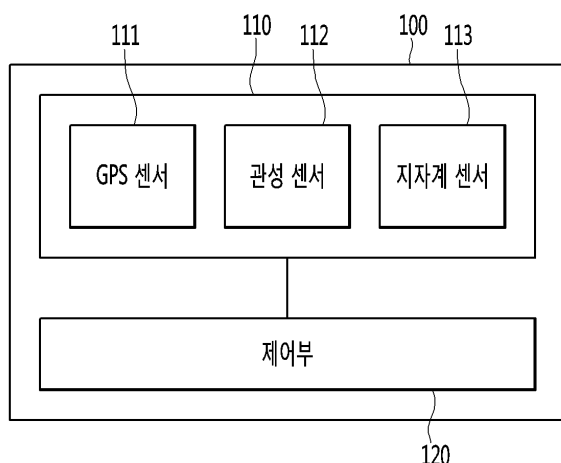
상술한 알고리즘을 통해, 본 발명의 일 실시 예에 따른 무인 이동 장치(100)는 비교적 정확도가 떨어지는 GPS 센서 모듈을 이용하는 상황에서도 무인 이동 장치(100)의 위치를 보다 정확하게 추정할 수 있다. 결과적으로, 본 발명의 일 실시 예에 따른 알고리즘은 고가의 센서를 이용하지 않고도 비교적 정확하게 무인 이동 장치(100)의 위치를 추정할 수 있는바 생산 단가를 낮추는 효과가 있다.

[0111]

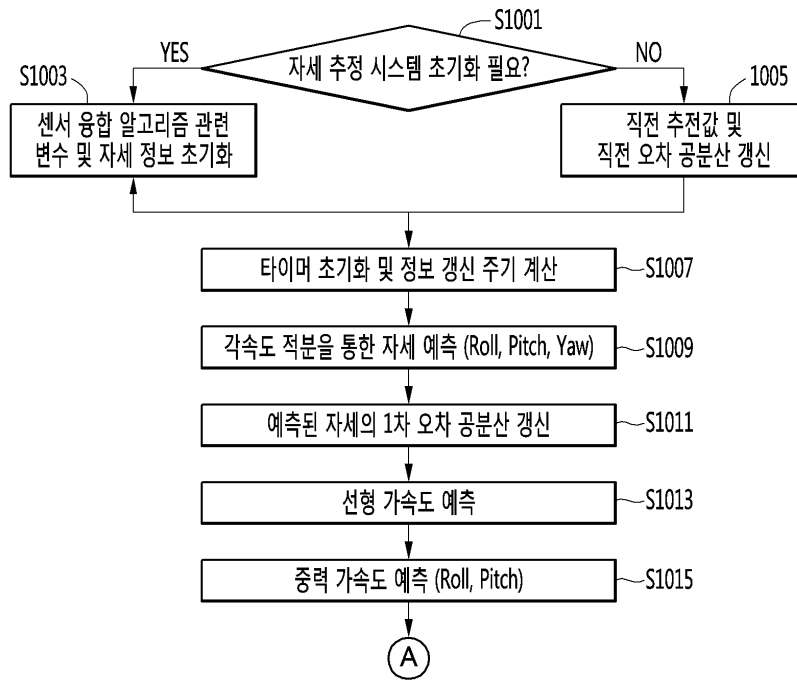
지금까지, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 무인 이동 장치에 대한 예시적인 실시 예가 설명되고 첨부된 도면에 도시되었다. 그러나 이러한 실시 예는 단지 본 발명을 예시 하기 위한 것이고, 이를 제한하지 않는다는 점이 이해되어야 할 것이다. 그리고 본 발명을 도시되고 설명된 내용에 국한되지 않는다는 점이 이해되어야 할 것이다. 이는 다양한 변형이 본 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 일어날 수 있기 때문이다.

도면

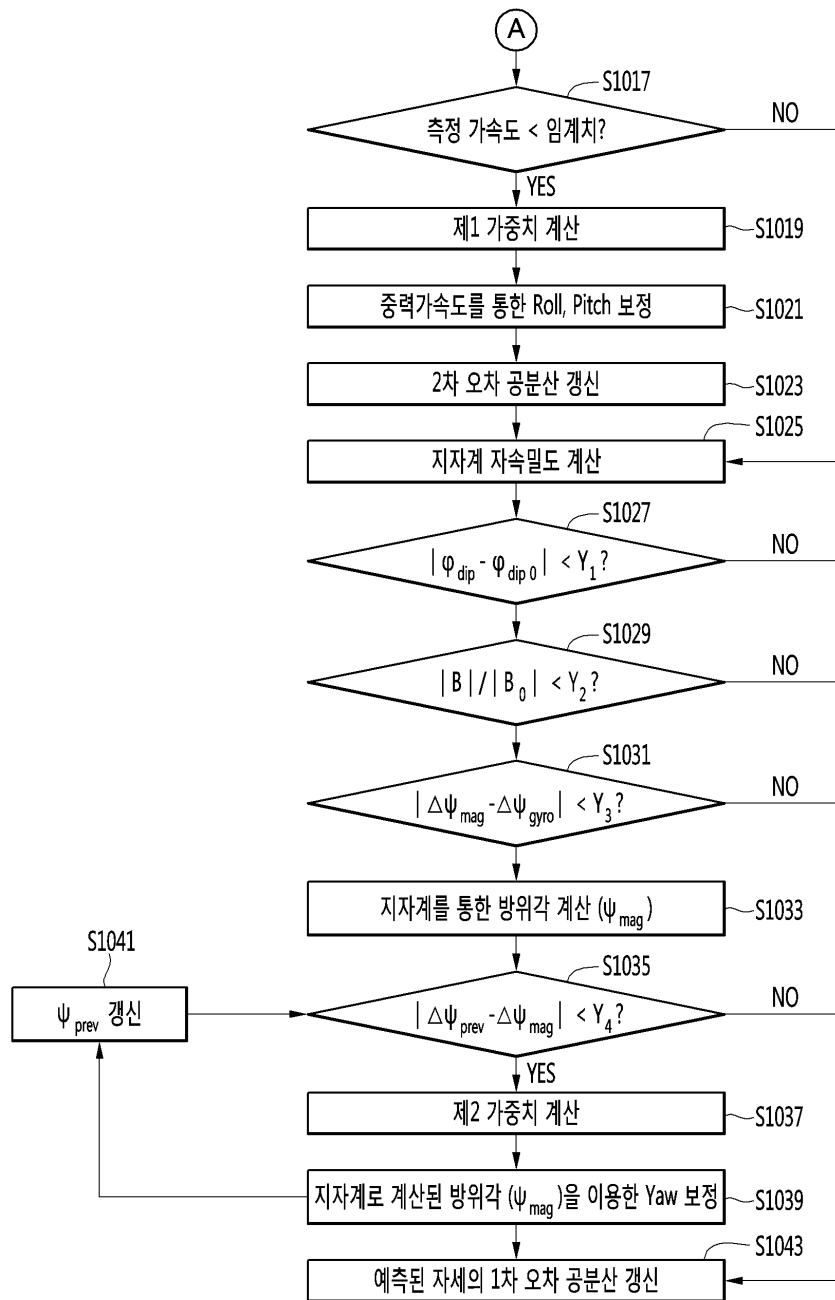
도면1



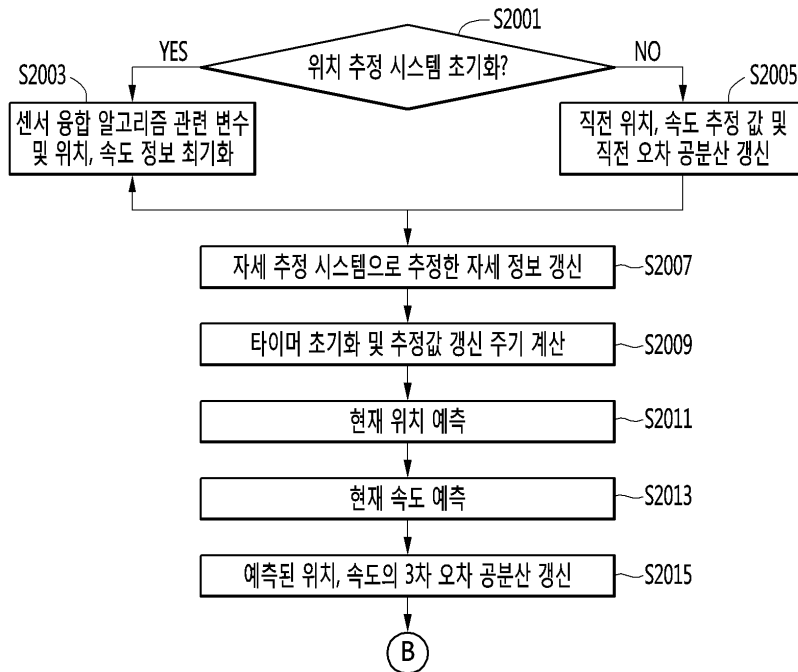
도면2a



도면2b



도면3a



도면3b

