



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

(45) 공고일자 2017년01월23일  
 (11) 등록번호 10-1698682  
 (24) 등록일자 2017년01월16일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01C 17/38 (2006.01) G01C 17/30 (2006.01)  
 G01R 33/02 (2006.01) G01R 35/00 (2006.01)  
 G01V 13/00 (2006.01) G01V 3/08 (2006.01)  
 G01V 3/40 (2006.01) G06F 17/10 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 G01C 17/38 (2013.01)  
 G01C 17/30 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0120477
- (22) 출원일자 2015년08월26일  
 심사청구일자 2015년08월26일
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP5569681 B2\*  
 KR1020070049419 A\*  
 KR1020140093111 A\*  
 JP05569681 B2\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
 매그나칩 반도체 유한회사  
 충북 청주시 흥덕구 향정동 1
- (72) 발명자  
 김동윤  
 충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그나칩 반도체 유한회사 내)  
 김병기  
 충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그나칩 반도체 유한회사 내)  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
 김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 12 항

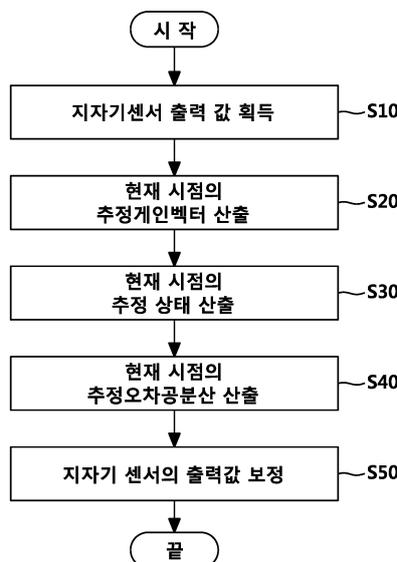
심사관 : 안문환

(54) 발명의 명칭 **지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법 및 장치**

**(57) 요약**

본 발명은 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 매번 지자기 센서의 출력값 측정시 추정 오차(오프셋 및 반지름 값)를 추적함으로써 지자기 센서의 출력값에 대한 보정의 정확도를 향상시킬 수 있는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*G01R 33/02* (2013.01)  
*G01R 35/005* (2013.01)  
*G01V 13/00* (2013.01)  
*G01V 3/08* (2013.01)  
*G01V 3/40* (2013.01)  
*G06F 17/10* (2013.01)

(72) 발명자

**박승환**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

**김영준**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

**나조안**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

**최연수**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

**신형식**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

**기경석**

충청북도 청주시 흥덕구 대신로 215 (향정동, 매그  
나칩 반 도체 유한회사 내)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

순차적으로 획득되는 지자기 센서의 출력값에 기반하여 추정 상태, 추정계인벡터 및 추정오차공분산을 재귀적으로 산출하고, 상기 추정 상태에 대한 값에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법에 있어서,

k번째 지자기 센서의 출력값을 획득하는 단계;

k-1번째 추정오차공분산 및 k번째 출력값에 기반하여 k번째 추정계인벡터를 산출하는 단계;

산출된 k번째 추정계인벡터, k번째 출력값 및 k-1번째 추정 상태에 기반하여 k번째 추정 상태를 산출하는 단계;

상기 k번째 추정계인벡터 및 k-1번째 추정오차공분산을 이용하여 k번째 추정오차공분산을 산출하는 단계; 및

상기 k번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 단계;를 포함하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법.

(단, k는 1보다 큰 자연수)

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 지자기 센서의 출력값은,

2축 지자기 센서의 출력값 또는 3축 지자기 센서의 출력값인 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 k번째 추정계인벡터를 산출하는 단계는,

아래의 수학적식에 따라 k번째 추정계인벡터를 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법.

[수학적식]

$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

(여기서,  $K_k$ 는 k번째 추정계인벡터,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $R_k$ 는 k번째 측정 노이즈의 공분산)

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 k번째 추정 상태를 산출하는 단계는,

아래의 수학적식에 따라 k번째 추정 상태를 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법.

[수학식]

$$\tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k(y_k - H_k\tilde{x}_{k-1})$$

(여기서,  $x_k$ 는 k번째 추정 상태,  $K_k$ 는 k번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $y_k$ 는 k번째 지자기 센서 측정값)

**청구항 5**

제 1항에 있어서,

상기 k번째 추정오차공분산을 산출하는 단계는,

아래의 수학식에 따라 k번째 추정오차공분산을 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법.

[수학식]

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

(여기서,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $I$ 는 단위 행렬,  $K_k$ 는 k번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix))

**청구항 6**

순차적으로 획득되는 지자기 센서의 출력값에 기반하여 추정 상태, 추정게인벡터 및 추정오차공분산을 재귀적으로 산출하고, 상기 추정 상태에 대한 값에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치에 있어서,

k-1번째 추정 상태, k-1번째 추정게인벡터, k-1번째 추정오차공분산 정보를 저장하는 저장부;

k번째 지자기 센서의 출력값을 획득하는 센서부;

상기 저장부에 저장된 k-1번째 추정오차공분산 및 상기 센서부를 통해 획득된 k번째 출력값에 기반하여 k번째 추정게인벡터를 산출하여 저장부에 저장하는 추정게인벡터 산출부;

상기 k번째 추정게인벡터, k번째 출력값 및 k-1번째 추정 상태에 기반하여 k번째 추정 상태를 산출하여 저장부에 저장하는 추정 상태 산출부;

상기 k번째 추정게인벡터 및 k-1번째 추정오차공분산을 이용하여 k번째 추정오차공분산을 산출하는 추정오차공분산 산출부; 및

상기 k번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 출력값 보정부;를 포함하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

(단, k는 1보다 큰 자연수)

**청구항 7**

제 6항에 있어서,

상기 지자기 센서의 출력값은,

2축 지자기 센서의 출력값 또는 3축 지자기 센서의 출력값인 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정

하는 장치.

**청구항 8**

제 6항에 있어서,

상기 추정계인벡터 산출부는,

아래의 수학적식에 따라 k번째 추정계인벡터를 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

[수학적식]

$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

(여기서,  $K_k$ 는 k번째 추정계인벡터,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $R_k$ 는 k번째 측정 노이즈의 공분산)

**청구항 9**

제 6항에 있어서,

상기 추정 상태 산출부는,

아래의 수학적식에 따라 k번째 추정 상태를 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

[수학적식]

$$\tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k (y_k - H_k \tilde{x}_{k-1})$$

(여기서,  $x_k$ 는 k번째 추정 상태,  $K_k$ 는 k번째 추정계인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $y_k$ 는 k번째 지자기 센서 측정값)

**청구항 10**

제 6항에 있어서,

상기 추정오차공분산 산출부는,

아래의 수학적식에 따라 k번째 추정오차공분산을 산출하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

[수학적식]

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

(여기서,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $I$ 는 단위 행렬,  $K_k$ 는 k번째 추정계인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix))

**청구항 11**

제 6항에 있어서,

상기 저장부는,

백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산을 추가적으로 더 저장하고,

상기 센서부가 1번째 지자기 출력 값을 획득하면,

상기 추정계인벡터 산출부는 상기 백업 추정오차공분산 및 1번째 출력값에 기반하여 1번째 추정계인벡터를 산출하여 저장부에 저장하고,

상기 추정 상태 산출부는 1번째 추정계인벡터, 1번째 출력값 및 백업 추정 상태에 기반하여 1번째 추정 상태를 산출하여 저장부에 저장하고,

상기 추정오차공분산 산출부는 1번째 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산을 이용하여 1번째 추정오차공분산을 산출하고,

상기 출력값 보정부는 상기 1번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

## 청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산은,

각각 상기 지자기 센서의 동작이 멈추는 시점의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 값인 것을 특징으로 하는 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 매번 지자기 센서의 출력값 측정 시 추정 오차(오프셋 및 반지름 값)를 추적함으로써 지자기 센서의 출력값에 대한 보정의 정확도를 향상시킬 수 있는 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 지자기센서를 이용하여 측정되는 데이터에는 지구 자기장 외에 바이어스가 포함되어 있다. 이 바이어스는 센서 주변에서 고정적으로 자기를 발산 혹은 상쇄하는 물리적인 성질의 강철효과와, 센서의 측정 오차, 각 축의 직교 오차, 연철 효과 등 다양한 오류 가능성을 내포하고 있다. 지자기 센서의 데이터 보정은 지자기센서를 통해 측정된 데이터로부터 예상되는 바이어스를 제거함으로써 실제 지구 자기장의 성분만을 분리하는 것을 의미하고, 보정 성능은 정확한 바이어스를 추정해 내는 능력이다.
- [0003] 2축 혹은 3축 지자기센서로부터 측정된 데이터는 원, 혹은 구의 표면에 분포하는 성질이 있으며 바이어스에 따라 원 혹은 구의 중점과 반지름의 추정치가 달라진다. 바이어스를 데이터 관점에서 오프셋이라고 가정할 때, 원 혹은 구의 중점은 원점으로부터 오프셋만큼 떨어진 곳에 위치하게 된다. 측정된 지자기 데이터로부터 오프셋을 추정하는 방법은 일반적으로 최소제곱법을 이용한다.
- [0004] 최소제곱법을 이용하여 오프셋과 반지름을 추정할 때, 2축의 경우에는 3개 이상, 3축의 경우에는 4개 이상의 측정데이터로 추정이 가능하다. 이상적으로 측정오차 없이 고정적인 강철효과만 존재한다면 측정 데이터 4개로도 충분히 정확도 높은 오프셋을 추정할 수 있다. 하지만 측정데이터는 다양한 측정노이즈를 동반하므로 추정오류 발생 가능성을 배제할 수 없다. 최소제곱법을 이용하여 지자기 센서 데이터를 보정하고자 할 때, 측정 데이터의 양이 많으면 측정노이즈의 비중이 적어 종래기술에서는 측정노이즈를 고려하지 않는다. 하지만 실제 지자기센서를 이용하는 시스템에서는 측정 데이터의 양을 늘리면 연산 부하에 따른 처리 지연을 가져올 수 있고, 저장 공간의 부담이 있을 수 있어 측정 데이터를 일정 양 만큼 나누어 처리해야 한다. 일정 양 만큼의 측정 데이터 집합으로부터 오프셋을 추정할 때, 집합 간의 추정값의 산포가 발생하며, 결국 추정오차가 클 경우 정확도가

낮아지는 문제점이 있었다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0005] (특허문헌 0001) US 7,177,779
- (특허문헌 0002) EP 00451839
- (특허문헌 0003) US 5,151,872

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 제안된 발명으로써, 종래 기술과 달리 현재 시점의 상태 정보 (오프셋, 반지름 등)를 재귀적으로(recursive) 추정함으로써 높은 보정 정확도를 갖는 지자기 센서의 출력값의 보정 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0007] 본 발명의 일 예에 따라 순차적으로 획득되는 지자기 센서의 출력값에 기반하여 추정 상태, 추정게인벡터 및 추정오차공분산을 재귀적으로 산출하고, 상기 추정 상태에 대한 값에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법은, k번째 지자기 센서의 출력값을 획득하는 단계; k-1번째 추정오차공분산 및 k번째 출력값에 기반하여 k 번째 추정게인벡터를 산출하는 단계; 산출된 k번째 추정게인벡터, k번째 출력값 및 k-1번째 추정 상태에 기반하여 k번째 추정 상태를 산출하는 단계; 상기 k번째 추정게인벡터 및 k-1번째 추정오차공분산을 이용하여 k번째 추정오차공분산을 산출하는 단계; 및 상기 k번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 단계;를 포함한다. (단, k는 1보다 큰 자연수)

[0008] 상기 지자기 센서의 출력값은, 2축 지자기 센서의 출력값 또는 3축 지자기 센서의 출력값이 적용될 수 있다.

[0009] 상기 k번째 추정게인벡터를 산출하는 단계는, 아래의 수학식에 따라 k번째 추정게인벡터를 산출할 수 있다.

[0010] [수학식]

$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

[0012] (여기서,  $K_k$ 는 k번째 추정게인벡터,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $R_k$ 는 k번째 측정 노이즈의 공분산)

[0013] 상기 k번째 추정 상태를 산출하는 단계는, 아래의 수학식에 따라 k번째 추정 상태를 산출할 수 있다.

[0014] [수학식]

$$\tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k (y_k - H_k \tilde{x}_{k-1})$$

[0016] (여기서,  $x_k$ 는 k번째 추정 상태,  $K_k$ 는 k번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬(measurement matrix),  $y_k$ 는 k 번째 지자기 센서 측정값)

[0017] 상기 k번째 추정오차공분산을 산출하는 단계는, 아래의 수학식에 따라 k번째 추정오차공분산을 산출할 수 있다.

[0018] [수학식]

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

[0019]

[0020] (여기서,  $P_{k-1}$ 은  $k-1$ 번째 추정오차공분산,  $I$ 는 단위 행렬,  $K_k$ 는  $k$ 번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는  $k$ 번째 측정 행렬 (measurement matrix))

[0021] 본 발명의 다른 측면에 따라 순차적으로 획득되는 지자기 센서의 출력값에 기반하여 추정 상태, 추정게인벡터 및 추정오차공분산을 재귀적으로 산출하고, 상기 추정 상태에 대한 값에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치는,  $k-1$ 번째 추정 상태,  $k-1$ 번째 추정게인벡터,  $k-1$ 번째 추정오차공분산 정보를 저장하는 저장부;  $k$ 번째 지자기 센서의 출력값을 획득하는 센서부; 상기 저장부에 저장된  $k-1$ 번째 추정오차공분산 및 상기 센서부를 통해 획득된  $k$ 번째 출력값에 기반하여  $k$ 번째 추정게인벡터를 산출하여 저장부에 저장하는 추정게인벡터 산출부; 상기  $k$ 번째 추정게인벡터,  $k$ 번째 출력값 및  $k-1$ 번째 추정 상태에 기반하여  $k$ 번째 추정 상태를 산출하여 저장부에 저장하는 추정 상태 산출부; 상기  $k$ 번째 추정게인벡터 및  $k-1$ 번째 추정오차공분산을 이용하여  $k$ 번째 추정오차공분산을 산출하는 추정오차공분산 산출부; 및 상기  $k$ 번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정하는 출력값 보정부;를 포함한다. (단,  $k$ 는 1보다 큰 자연수)

[0022] 상기 지자기 센서의 출력값은, 2축 지자기 센서의 출력값 또는 3축 지자기 센서의 출력값이 적용될 수 있다.

[0023] 상기 추정게인벡터 산출부는, 아래의 수학식에 따라  $k$ 번째 추정게인벡터를 산출할 수 있다.

[0024] [수학식]

$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

[0025]

[0026] (여기서,  $K_k$ 는  $k$ 번째 추정게인벡터,  $P_{k-1}$ 은  $k-1$ 번째 추정오차공분산,  $H_k$ 는  $k$ 번째 측정 행렬 (measurement matrix),  $R_k$ 는  $k$ 번째 측정 노이즈의 공분산)

[0027] 상기 추정 상태 산출부는, 아래의 수학식에 따라  $k$ 번째 추정 상태를 산출할 수 있다.

[0028] [수학식]

$$\tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k (y_k - H_k \tilde{x}_{k-1})$$

[0029]

[0030] (여기서,  $x_k$ 는  $k$ 번째 추정 상태,  $K_k$ 는  $k$ 번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는  $k$ 번째 측정 행렬 (measurement matrix),  $y_k$ 는  $k$ 번째 지자기 센서 측정값)

[0031] 상기 추정오차공분산 산출부는, 아래의 수학식에 따라  $k$ 번째 추정오차공분산을 산출할 수 있다.

[0032] [수학식]

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

[0033]

[0034] (여기서,  $P_{k-1}$ 은  $k-1$ 번째 추정오차공분산,  $I$ 는 단위 행렬,  $K_k$ 는  $k$ 번째 추정게인벡터,  $H_k$ 는  $k$ 번째 측정 행렬 (measurement matrix))

[0035] 상기 저장부는, 백업 추정 상태, 백업 추정게인벡터 및 백업 추정오차공분산을 추가적으로 더 저장하고,

[0036] 상기 센서부가 1번째 지자기 출력 값을 획득하면,

[0037] 상기 추정게인벡터 산출부는 상기 백업 추정오차공분산 및 1번째 출력값에 기반하여 1번째 추정게인벡터를 산출하여 저장부에 저장하고,

- [0038] 상기 추정 상태 산출부는 1번째 추정계인벡터, 1번째 출력값 및 백업 추정 상태에 기반하여 1번째 추정 상태를 산출하여 저장부에 저장하고,
- [0039] 상기 추정오차공분산 산출부는 1번째 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산을 이용하여 1번째 추정오차공분산을 산출하고,
- [0040] 상기 출력값 보정부는 상기 1번째 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정할 수 있다.
- [0041] 이때, 상기 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산은, 각각 상기 지자기 센서의 동작이 멈추는 시점의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 값이 적용될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0042] 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법 및 장치는 현재 시점의 사태 정보를 재귀적으로 추정하기 위해 칼만필터의 동적 시스템 모델을 적용함으로써 높은 보정 정확도로 지자기 센서의 출력값의 보정할 수 있다는 효과가 있다.
- [0043] 또한, 본 발명과 종래기술간 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있듯이, 본 발명은 종래 기술보다 높은 정확도로 레퍼렌스의 오프셋과 반지름 값을 추정할 수 있다는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0044] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법을 나타낸 도면,  
 도 2는 본 발명의 다른 예에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치를 나타낸 도면,  
 도 3은 종래 기술과 본 발명에 따라 출력되는 지자기 센서의 출력값을 비교한 시뮬레이션 결과이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0045] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0046] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0047] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0048] 공간적으로 상대적인 용어인 아래(below, beneath, lower), 위(above, upper) 등은 도면에 도시되어 있는 바와 같이 하나의 소자 또는 구성 요소들과 다른 소자 또는 구성 요소들과의 상관 관계를 용이하게 기술하기 위해 사용될 수 있다. 공간적으로 상대적인 용어는 도면에 도시되어 있는 방향에 더하여 사용시 또는 동작시 소자의 서로 다른 방향을 포함하는 용어로 이해되어야 한다. 예를 들면, 도면에 도시되어 있는 소자를 뒤집을 경우, 다른 소자의 아래(below, beneath)로 기술된 소자는 다른 소자의 위(above, upper)에 놓여질 수 있다. 따라서, 예시적인 용어인 아래는 아래와 위의 방향을 모두 포함할 수 있다. 소자는 다른 방향으로도 배향될 수 있고, 이에 따라 공간적으로 상대적인 용어들은 배향에 따라 해석될 수 있다.
- [0049] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0050] 도 1은 본 발명의 일 예에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0051] 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법은 현재까지 측정된 데이터 중 일부 개수의 데이터를 선별하여 실제 지자기 값을 추정하는 종래 기술과 컨셉을 달리한다. 본 발명에서는 이전 시점에서의 실제 지자기

값에서 현재 시점의 추정오류를 예측하여 현재 시점에서의 실제 지자기 값을 재귀적(recursive)으로 추정하는 것을 특징으로 한다. 이를 위해, 본 발명에서는 칼만필터의 동적 시스템 모델을 적용한다.

[0052] 이를 위해 본 발명에서는 순차적으로 획득되는 지자기 센서의 출력값에 기반하여 추정 상태, 추정계인벡터 및 추정오차공분산을 재귀적으로 산출하고, 상기 값에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정한다. 이에 대한 상세한 설명 및 청구항에서는 현재 시점과 바로 직전인 이전 시점의 추정 상태, 추정계인벡터 및 추정오차공분산을 각각 k번째, k-1번째로 표시함으로써 현재 시점과 이전 시점을 구분한다.

[0053] 먼저, 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하기 위해 현재 시점의 지자기 센서의 출력값을 획득한다 (S10).

[0054] 이때, 상기 지자기 센서의 출력값은 지자기 센서의 축의 개수에 따라 결정될 수 있다. 일 예로, 2축 지자기 센서의 경우에는 (hm<sub>x</sub>, hm<sub>y</sub>), 3축 지자기 센서의 경우에는 (hm<sub>x</sub>, hm<sub>y</sub>, hm<sub>z</sub>) 과 같은 지자기 센서의 출력값을 획득할 수 있다. 본 발명에 있어 상기 S10 단계를 통해 획득되는 지자기 센서의 출력값의 형태는 중요하지 않으며, 이는 다양한 형태의 지자기 센서의 출력값에도 적용 가능하다.

[0055] 이하, 본 발명에 대해서는 3축 지자기 센서의 경우로 구체화하여 설명하나, 본 발명은 이에 한정되지 않는다.

[0056] 이어, 현재 시점의 추정계인벡터를 산출한다(S20). 보다 구체적으로, 상기 S20 단계에서는 이전 시점의 추정오차공분산, 현재 시점의 지자기 센서의 출력값에 기반하여 현재 시점의 추정계인벡터를 산출하며, 하기의 수학적 식 1에 따라 산출될 수 있다.

**수학적 식 1**

[0057] 
$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

[0058] (여기서, K<sub>k</sub>는 k번째 추정계인벡터, P<sub>k-1</sub>은 k-1번째 추정오차공분산, H<sub>k</sub>는 k번째 측정 행렬(measurement matrix), R<sub>k</sub>는 k번째 측정 노이즈의 공분산)

[0059] 상기 수학적 식 1에 있어, 현재 시점의 측정 행렬(measurement matrix)은 하기의 수학적 식 2와 같이 획득할 수 있다.

**수학적 식 2**

[0060] 
$$H_k = [ 2 hm_x , 2 hm_y , 2 hm_x , 1 ]$$

[0061] 상기 S20 단계를 통해 산출된 현재 시점의 추정계인벡터를 활용하여 현재 시점의 추정 상태를 산출한다(S30). 상기 S30 단계에 있어 추정 상태란 특정 시점의 추정 오프셋(offset) 값으로써 상기 S10 단계를 통해 획득된 지자기 센서의 출력값을 보정하기 위한 값으로 활용된다.

[0062] 보다 구체적으로, 상기 S30 단계에서는 하기의 수학적 식 3에 따라 현재 시점의 추정 상태를 산출한다.

**수학적 식 3**

[0063] 
$$\tilde{x}_k = \tilde{x}_{k-1} + K_k (y_k - H_k \tilde{x}_{k-1})$$

[0064] (여기서, x<sub>k</sub>는 k번째 추정 상태, K<sub>k</sub>는 k번째 추정계인벡터, H<sub>k</sub>는 k번째 측정 행렬(measurement matrix), y<sub>k</sub>는 k번째 지자기 센서 측정값)

[0065] 상기 수학적 식 3을 참고하면, 현재 시점의 추정 상태(오프셋 값)를 산출하기 위하여 이전 시점의 추정상태, 현재 시점의 추정계인벡터, 현재시점의 지자기 센서의 측정값을 이용한다.

[0066] 이와 같이, 본 발명에서는 현재 시점의 추정 상태를 재귀적으로 추정하는 칼만필터의 동적 시스템 모델을 적용하였다. 이는 실시간으로 오프셋 값을 추정할 때, 현재 시점에서의 측정 노이즈 값의 비중이 커져 이를 간과할 수 없기 때문이다.

[0067] 상기 수학적 식 3에서  $y_k - H_k x_{k-1}$  은 Correction term이 된다. 즉, 현재 시점의 추정 상태 값은 이전 시점의 추정 상태 값, 현재 시점의 추정계인벡터를 통해 측정 노이즈에 대한 보정을 예측하여 적용했기 때문에 측정노이즈는 이미 고려되어 졌다고 볼 수 있다.

[0068] 이와 같은 과정을 통해 획득된 현재 시점의 추정 상태로부터 현재 시점의 추정 오프셋값 및 추정 반지름 값을 획득할 수 있다. 일 실시예로, 하기와 같은 수학적식4에 따라 각 추정 오프셋값 및 추정 반지름 값을 산출할 수 있다.

**수학적 식 4**

$$\begin{aligned}
 Hr_x &= \tilde{x}_k(0) \\
 Hr_y &= \tilde{x}_k(1) \\
 Hr_z &= \tilde{x}_k(2) \\
 r &= \text{sqrt}(\tilde{x}_k(3) + Hr_x^2 + Hr_y^2 + Hr_z^2)
 \end{aligned}$$

[0069]

(여기서,  $Hr_x$ ,  $Hr_y$ ,  $Hr_z$ 는 각 축별 추정 오프셋,  $x_k$ 는 k번째 추정 상태,  $r$ 은 현재 시점의 추정 반지름)

[0071] 또한, 현재 시점의 추정계인벡터, 이전 시점의 추정오차공분산을 이용하여 현재 시점의 추정오차공분산을 산출한다(S40).

[0072] 상기 S40 단계에 있어, 현재 시점의 추정오차공분산은 하기의 수학적 식 5에 의해 산출될 수 있다.

**수학적 식 5**

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1}$$

[0073]

[0074] (여기서,  $P_{k-1}$ 은 k-1번째 추정오차공분산,  $I$ 는 단위 행렬,  $K_k$ 는 k번째 추정계인벡터,  $H_k$ 는 k번째 측정 행렬 (measurement matrix))

[0075] 상기 S40 단계를 통해 획득된 현재 시점의 추정오차공분산은 이후 시점의 추정계인벡터 및 추정오차공분산을 획득하는데 활용 가능하다.

[0076] 최종적으로, 현재 시점의 추정 상태에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정한다(S50).

[0077] 일 예로, 3축의 지자기 센서의 출력값인 경우에는 하기의 수학적 식 6과 같이 지자기 데이터 값을 보정할 수 있다.

수학식 6

$$(hm_x - Hr_x, hm_y - Hr_y, hm_z - Hr_z)$$

[0078]

[0079]

(여기서,  $hm_x, hm_y, hm_z$ 는 각 축별 지자기 센서의 출력값,  $Hr_x, Hr_y, Hr_z$ 는 각 축별 추정 오프셋)

[0080]

이하, 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 방법에 적용되는 각각의 수학식이 도출된 과정에 대하여 추가적으로 설명한다.

[0081]

상기 수학식 3을 참고할 때, 현재 시점에서의 추정오차( $\epsilon_k$ )는 하기의 수학식 7과 같이 표현할 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} \epsilon_k &= \mathbf{x} - \tilde{\mathbf{x}}_k \\ &= \mathbf{x} - \tilde{\mathbf{x}}_{k-1} - K_k(\mathbf{y}_k - H_k\tilde{\mathbf{x}}_{k-1}) \\ &= \epsilon_{k-1} - K_k(H_k\mathbf{x} + \nu_k - H_k\tilde{\mathbf{x}}_{k-1}) \\ &= \epsilon_{k-1} - K_kH_k(\mathbf{x} - \tilde{\mathbf{x}}_{k-1}) - K_k\nu_k \\ &= (I - K_kH_k)\epsilon_{k-1} - K_k\nu_k, \end{aligned}$$

[0082]

[0083]

(여기서,  $\epsilon_k$ 는 k번째 추정오차,  $\mathbf{x}$ 는 알 수 없는 벡터 상수,  $\mathbf{x}_k$ 는 k번째 추정 상태,  $K_k$ 는 k번째 추정게인벡터,  $\nu_k$ 는 k번째 추정 노이즈 크기,  $I$ 는 단위행렬)

[0084]

이때,  $E(\epsilon_k)$ 는 하기의 수학식 8과 같이 정의할 수 있다.

수학식 8

$$E(\epsilon_k) = (I - K_kH_k)\epsilon_{k-1} - K_k\nu_k$$

[0085]

[0086]

또한, 현재 시점에서 최소제곱법을 이용하여 추정오차를 최소화 하기 위한  $J_k$ 를 하기의 수학식 9와 같이 정의할 수 있다.

수학식 9

$$J_k = E(\|\mathbf{x} - \tilde{\mathbf{x}}_k\|^2) = E(\epsilon_k^T \epsilon_k) = E(\text{tr}(\epsilon_k^T \epsilon_k)) = \text{tr}(P_k)$$

[0087]

[0088]

(여기서,  $\text{tr}(P_k)$ 는 k번째 추적 연산자,  $P_k$ 는 k번째 추정오차공분산(estimation-error covariation))

[0089]

이전 시점에서의 추정오차  $\epsilon_{k-1}$ 는 현재 시점에서의 측정노이즈  $\nu_k$ 와는 독립적이다. 이에,  $P_k$ 는 하기의 수학식 10

과 같이 다시 정리할 수 있다.

**수학식 10**

$$P_k = (I - K_k H_k) P_{k-1} (I - K_k H_k)^T + K_k R_k K_k^T$$

(여기서,  $R_k$ 는  $E(v_k v_k^T)$ 로  $v_k$ 의 공분산)

추정계인벡터를 구하기 위해  $J_k$ 를  $K_k$ 로 편미분하게 된다. 이에 따라 추정계인벡터는 하기의 수학식 11과 같이 구할 수 있다.

**수학식 11**

$$\left(\frac{\partial J_k}{\partial K_k}\right)^T = 2(I - K_k H_k) P_{k-1} (-H_k^T) + 2K_k R_k$$

$$K_k = P_{k-1} H_k^T (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

여기서,  $S_k = (H_k P_{k-1} H_k^T + R_k)$ 라고 할 때,  $K_k$ 와  $P_k$ 를 하기의 수학식 12 및 13과 같이 정리할 수 있다.

**수학식 12**

$$K_k = P_{k-1} H_k^T S_k^{-1}$$

**수학식 13**

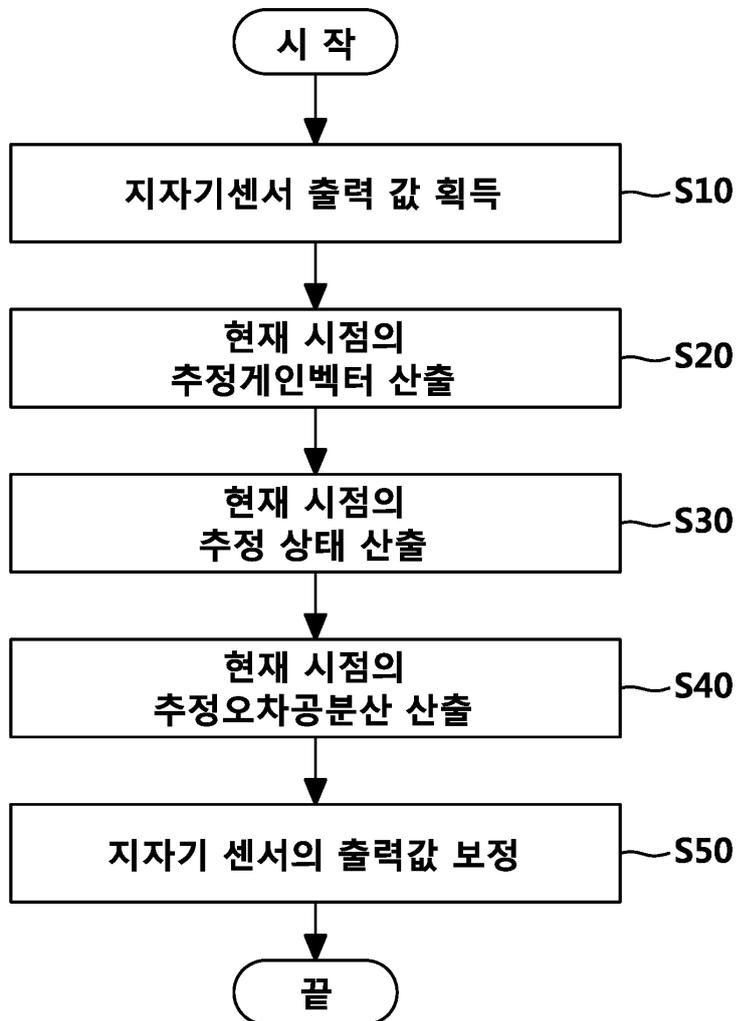
$$\begin{aligned} P_k &= (I - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k) P_{k-1} (I - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k)^T + P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} R_k S_k^{-1} H_k P_{k-1} \\ &= P_{k-1} - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} + \\ &\quad P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} + \underline{P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} R_k S_k^{-1} H_k P_{k-1}} \\ &= P_{k-1} - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} + P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} S_k S_k^{-1} H_k P_{k-1} \\ &\quad \text{(after merging the underlined terms into } S_k) \\ &= P_{k-1} - 2P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} + P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} \\ &= P_{k-1} - P_{k-1} H_k^T S_k^{-1} H_k P_{k-1} \\ &= P_{k-1} - K_k H_k P_{k-1} \\ &= (I - K_k H_k) P_{k-1}. \end{aligned}$$

- [0097] 상기와 같이 본 발명에서는 측정오차가 발생하더라도 실시간적으로 추정계인벡터  $K_k$ 와 추정오차공분산  $P_k$ 를 산출함으로써 현재시점에서의  $x$ 에 근접한  $x_k$ 를 추정할 수 있다.
- [0098] 도 2는 본 발명의 다른 예에 따른 지자기 센서의 출력값을 보정하는 장치를 나타낸 도면이다.
- [0099] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값 보정 장치(1)는 저장부(10), 센서부(20), 추정계인벡터 산출부(30), 추정 상태 산출부(40), 추정오차공분산 산출부(50), 출력값 보정부(60)를 포함한다.
- [0100] 이하, 도 1 및 이에 대한 상세한 설명을 통해 상세히 설명한 내용에 대해서는 간략히 설명한다.
- [0101] 저장부(10)는 이전 시점의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 정보를 저장한다. 이때, 상기 저장부(10)는 가장 최근의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 정보를 저장할 수도 있으며, 현 시점까지의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 정보를 시점별로 구분하여 모두 저장할 수도 있다. 이는 사용자(관리자)의 설정에 따라 달리 설정될 수 있다.
- [0102] 또한, 상기 저장부(10)는 현재까지 획득된 지자기 센서의 출력값을 저장할 수 있다. 이를 통해, 추정계인벡터 산출부(30), 추정 상태 산출부(40)는 현재 시점의 지자기 센서의 출력값을 센서부(20)가 아닌 저장부(10)로부터 제공받을 수 있다.
- [0103] 바람직한 실시예에서, 상기 저장부(10)는 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터 및 백업 추정오차공분산을 추가적으로 더 저장할 수 있다.
- [0104] 이때, 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터, 백업 추정오차공분산 정보는 지자기 센서의 사용을 멈추는 시점의 대응되는 정보가 적용될 수 있다.
- [0105] 즉, 저장부(10)는 지자기 센서의 사용(측정)이 멈추는 시점을 기준으로 가장 최근의 추정 상태, 추정계인벡터, 추정오차공분산 정보를 각각 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터, 백업 추정오차공분산으로 저장할 수 있다.
- [0106] 차후, 지자기 센서의 사용(측정 동작)이 수행되게 되면, 추정계인벡터 산출부(30), 추정 상태 산출부(40), 추정오차공분산 산출부(50)는 상기 저장부(10)에 미리 저장되어 있는 백업 추정 상태, 백업 추정계인벡터, 백업 추정오차공분산 정보를 이용하여 1번째 추정계인벡터, 추정 상태, 추정오차공분산을 산출할 수 있다.
- [0107] 이와 같은 방법을 통해, 본 발명에 따른 지자기 센서의 출력값 보정 장치(1)는 도 3b에 도시된 초기에 안정화되지 않는 문제점을 극복할 수 있다.
- [0108] 센서부(20)는 현재 시점의 지자기 센서의 출력값을 획득한다. 보다 구체적으로는, 도 1의 S10 단계와 같이 상기 센서부(20)는 지자기 센서의 출력값을 획득한다. 이하 상세한 설명은 생략한다.
- [0109] 추정계인벡터 산출부(30)는 이전 시점의 추정오차공분산, 현재 시점의 지자기 센서의 출력값을 이용하여 현재 시점의 추정계인벡터를 산출한다. 이어, 산출된 현재 시점의 추정계인벡터를 상기 저장부(10)에 저장한다.
- [0110] 본 발명에 있어, 각 시점의 추정오차공분산, 추정 상태, 추정계인벡터 정보는 모두 저장부(10)에 저장될 수 있으며, 추정계인벡터 산출부(30) 등은 상기 저장부(10)에 저장된 정보를 이용하여 현재 시점의 추정계인벡터 등을 산출할 수 있다.
- [0111] 추정 상태 산출부(40), 추정오차공분산 산출부(50)는, 상기 추정계인벡터 산출부(30)와 유사하게, 상기 저장부(10)에 저장된 정보들을 이용하여 각각 현재 시점의 추정 상태, 추정오차공분산을 산출할 수 있다.
- [0112] 이하, 추정계인벡터 산출부(30), 추정 상태 산출부(40), 추정오차공분산 산출부(50)의 동작에 대해서는 도 1의 S20, S30, S40 단계에 대한 설명을 통해 상세히 설명한 바 생략한다.
- [0113] 출력값 보정부(60)는 상기 추정 상태 산출부(40)를 통해 산출된 현재 시점의 추정 상태 정보에 기반하여 지자기 센서의 출력값을 보정한다. 보다 구체적인 동작 사항은 도 1의 S50 단계를 통해 상세히 설명한 바 생략한다.
- [0114] 도 3은 종래 기술과 본 발명에 따라 출력되는 지자기 센서의 출력값을 비교한 시뮬레이션 결과이다. X축은 측정 데이터 수를, Y축은 추정된 오프셋 값과 반지름 값 및 각각의 레퍼런스 값을 나타낸다.
- [0115] 도 3a에 도시된 종래 기술의 경우, 측정 데이터를 20개 단위로 구분하여 총 20개의 그룹으로 구분하였으며, 각각의 그룹으로부터 20개의 오프셋과 반지름을 추정하였다. 이때, 전체 측정 데이터 400개를 1개의 그룹으로 구

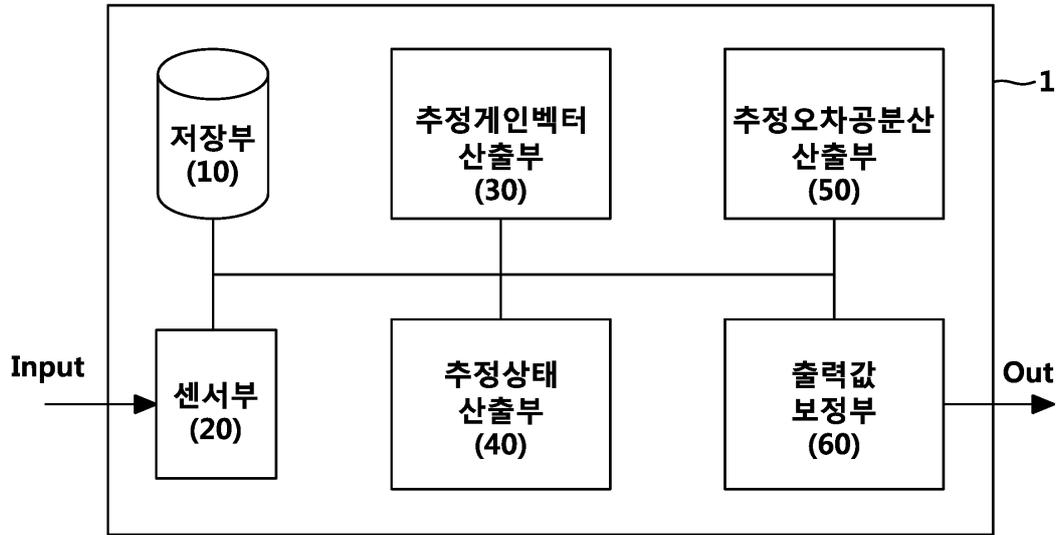


도면

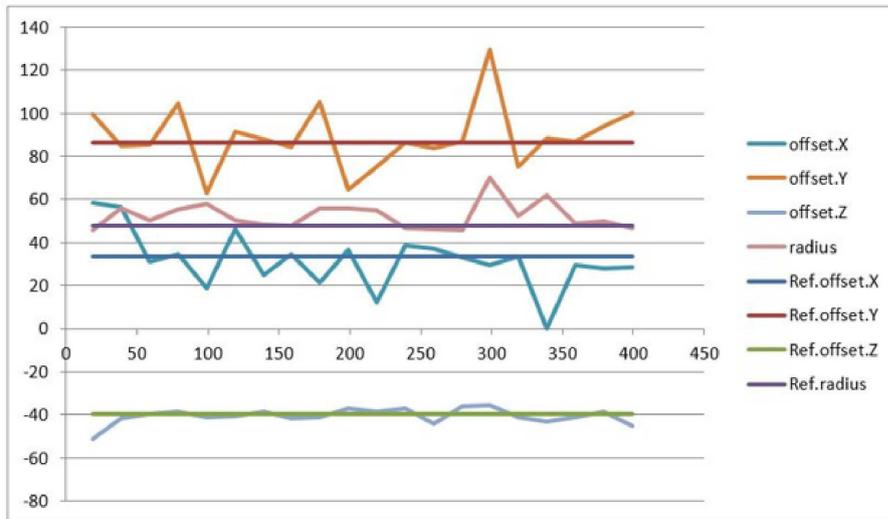
도면1



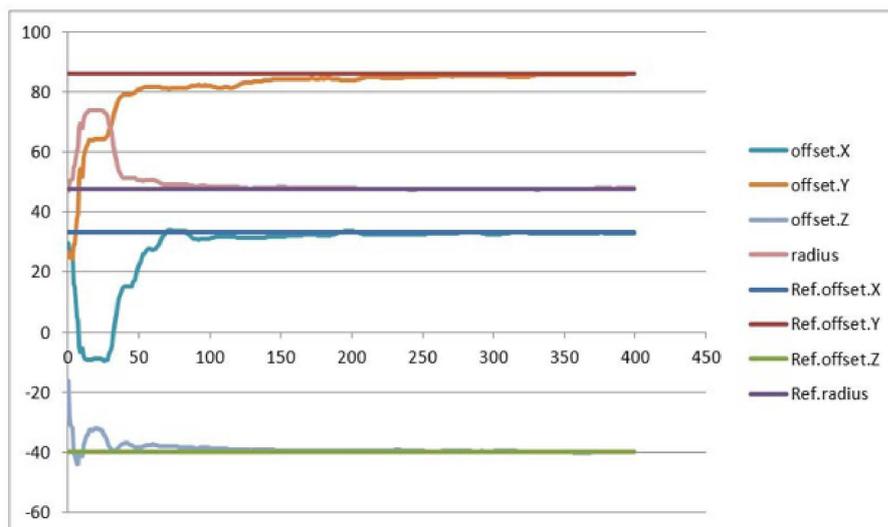
도면2



도면3



(a)



(b)