



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0060481
(43) 공개일자 2011년06월08일

(51) Int. Cl.

G01C 19/00 (2006.01) G01P 9/00 (2006.01)
G01P 15/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0117079

(22) 출원일자 2009년11월30일

심사청구일자 2009년11월30일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

서영수

울산광역시 중구 다운동 590 현대아파트 101동 1402호

박상경

울산광역시 동구 일산동 577-24번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이현수, 김태현, 정홍식

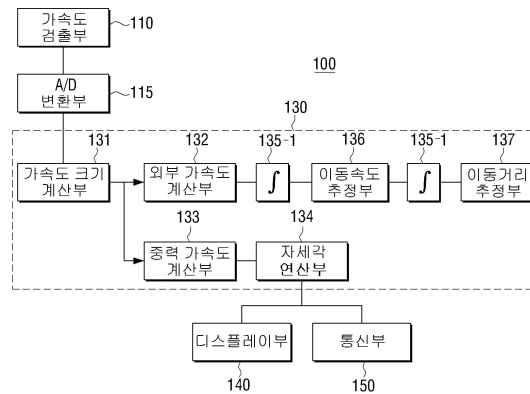
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 자세각 검출 장치 및 그 자세각 검출 방법

(57) 요약

자세각 검출 장치가 개시된다. 자세각 검출 장치는, 3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 가속도 검출부 및, 가속도 검출부에 의해 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 검출부를 포함한다. 이에 따라 가속도 검출 장치만으로 자세각을 정확히 추정할 수 있게 된다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

노영식

울산광역시 남구 무거동 571-3 새한원룸 104호

강희준

울산광역시 남구 무거동 현대문수팰리스아파트
1504호

이홍희

울산광역시 울주군 범서읍 구영리 푸르지오2차아파
트 504동 1401호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 RIC 06-03-09

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 네트워크 기반 자동화연구

연구과제명 지역혁신센터(RIC) 네트워크 기반 자동화연구

기여율

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2008년 03월 01일 ~ 2009년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 가속도 검출부; 및

상기 가속도 검출부에 의해 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 검출부;를 포함하는 자세각 검출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자세각 검출부는,

동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 것을 특징으로 하는 자세각 검출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 자세각 검출부는,

상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리한 후 분리된 중력 가속도 성분에 대해 x축, y축에 대한 회전각을 연산하는 것을 특징으로 하는 자세각 검출 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 자세각 검출부는,

상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값의 크기를 계산하는 가속도 크기 계산부;

상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값 중 외부 가속도 성분을 계산하는 외부 가속도 계산부; 및

상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분을 계산하는 중력 가속도 계산부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 자세각 검출 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 자세각 검출부는,

상기 외부 가속도 계산부에서 계산된 외부 가속도 성분을 적분하는 제1 적분부;

상기 제1 적분부의 출력값으로부터 이동속도를 추정하는 이동속도 추정부;

상기 이동속도 추정부에서 추정된 이동속도를 적분하는 제2 적분부; 및

상기 제2 적분부의 출력값으로부터 이동거리를 추정하는 이동거리 추정부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자세각 검출 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 자세각 검출부는,

상기 중력 가속도 계산부에서 계산된 중력 가속도 성분으로부터 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 연산부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자세각 검출 장치.

청구항 7

3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 단계; 및

상기 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리하는 단계;

동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 상기 분리된 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 단계;를 포함하는 자세각 검출 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자세각 검출 장치 및 그 자세각 검출 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가속도 검출 장치만으로 자세각을 정확히 검출할 수 있는 자세각 검출 장치 및 그 자세각 검출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 3차원 공간에서 자세를 측정하기 위한 자세각 검출의 기본적인 원리는 지표면에는 지구 중심 방향으로 가해지는 중력 가속도를 측정하여 지구 중심방향을 기준으로 자세각을 측정하는 것이다. 3축 가속도 검출장치는 공간 내에서 각각의 축에 대한 가속도 성분을 측정할 수 있고, 이를 통해, 각 축에 대한 가속도의 분력을 구하여, 자세각을 연산할 수 있다.

[0003] 한편, 3축 가속도 검출장치를 이용한 종래의 자세각 검출 방법에 따르면, 중력 가속도 이외의 가속도가 존재하지 않는다는 가정에서는 단순한 가속도의 크기만을 이용하여 기울어진 각도를 추정할 수 있으며, 이를 통해 자세각을 구할 수 있다.

[0004] 그러나, 자세를 측정하는 대상체가 정지 상태나 등속도 운동 이외의 움직임을 가지는 경우에는 중력 가속도 이외의 가속도가 발생하게 되며, 이를 외부 가속도라 칭한다. 외부 가속도가 발생하면 중력 가속도에 외부 가속도가 더해지게 되며, 이러한 성분은 가속도계를 이용한 자세각 계산에 오차로서 작용하게 된다.

[0005] 일반적으로는 고정된 물체의 자세나 경사각을 측정하기 위한 장비로 고안되어, 외부 가속도에 대한 영향을 고려하지 않고, 다만 가속도 검출장치에서 생길 수 있는 여러 측정 오차와 잡음에 대한 고려를 하고 있다.

[0006] 외부 가속도가 존재하는 경우, 종래의 방법은 외부 가속도 성분을 무시하고 구해진 가속도의 합력에서 만큼의 크기로 환산한 이후에 이를 토대로 자세각을 구하게 된다. 외부 가속도가 중력가속도에 비해 그 크기가 작거나, 중력 가속도 방향과 외부 가속도 방향이 이루는 각도가 크지 않을 경우, 종래의 방법을 이용해도, 각도를 구하는 데 큰 오차가 발생하지 않는다. 하지만, 외부 가속도가 중력 가속도 방향과 90도에 가까워지고, 가속도의 크기가 커지면, 외부 가속도로 인해 생기는 자세의 오차가 커지게 된다는 문제점이 있었다.

발명의 내용

[0007] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 가속도 검출 장치만으로 자세각을 정확히 검출할 수 있는 자세각 검출 장치 및 그 자세각 검출 방법을 제공함에 있다.

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 장치는 3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 가속도 검출부 및, 상기 가속도 검출부에 의해 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 검출부를 포함한다.

[0009] 또한, 상기 자세각 검출부는, 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 자세각 검출부는, 상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리한 후 분리된 중력 가속도 성분에 대해 x축, y축에 대한 회전각을 연산할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 자세각 검출부는, 상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값의 크기를 계산하는 가속도 크기 계산부, 상기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값 중 외부 가속도 성분을 계산하는 외부 가속도 계산부 및, 상

기 가속도 검출부에서 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분을 계산하는 중력 가속도 계산부를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 자세각 검출부는, 상기 외부 가속도 계산부에서 계산된 외부 가속도 성분을 적분하는 제1 적분부, 상기 제1 적분부의 출력값으로부터 이동속도를 추정하는 이동속도 추정부, 상기 이동속도 추정부에서 추정된 이동속도를 적분하는 제2 적분부 및, 상기 제2 적분부의 출력값으로부터 이동거리를 추정하는 이동거리 추정부를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 자세각 검출부는, 상기 중력 가속도 계산부에서 계산된 중력 가속도 성분으로부터 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 연산부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 방법은 3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 단계 및 상기 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리하는 단계, 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 상기 분리된 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 이에 따라 가속도 검출 장치만으로 자세각을 정확히 추정할 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

[0018] 자세각 검출 장치(100)는 가속도 검출부(110), A/D 변환부(120), 자세각 검출부(130), 디스플레이부(140) 및 통신부(150)를 포함한다.

[0019] 가속도 검출부(110)는 기기의 움직임에 의한 가속도를 검출하는 기능을 한다.

[0020] 가속도 검출부(110)는 2축 또는 3축 가속도 검출장치로 구현될 수 있다.

[0021] 가속도 검출부(110)가 3축 가속도 검출장치로 구현되는 경우 2개의 가속도 감지수단을 X, Y, Z의 3개의 3축 중에서 2개의 축에 배치하여 한 평면 상에서 직각을 이루며 위치하도록 할 수 있다.

[0022] 본 실시 예에서는 두 개의 가속도 감지 수단을 각각 X축 및 Y축에 배치하여 가속도를 감지하는 것으로 한다. 가속도 감지 수단은 반도체 칩 형태로 형성하여 본 발명에 따른 자세각 검출 장치(100)의 소정 부분에 장착되는 형태로 구현될 수 있다.

[0023] 가속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값은 A/D 변환부(120)를 통해 A/D 변환되어 자세각 검출부(130)로 제공될 수 있다.

[0024] 자세각 검출부(130)는 가속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값을 이용하여 자세각을 검출할 수 있다.

[0025] 자세각 검출부(130)는 가속도 검출부(110)에 의해 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하여 자세각을 검출하는 기능을 한다. 구체적으로, 자세각 검출부(130)는 가속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리한 후 분리된 중력 가속도 성분에 대해 x축, y축에 대한 회전각을 연산할 수 있다. 또한, 자세각 검출부(130)는 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산할 수 있으며, 이에 대한 구체적인 동작에 대해서는 도 2 내지 4를 참고하여 후술하도록 한다.

[0026] 자세각 검출부(130)는 가속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값의 크기를 계산하는 가속도 크기 계산부(131), 가속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값 중 외부 가속도 성분을 계산하는 외부 가속도 계산부(132), 외부 가속도 계산부(132)에서 계산된 외부 가속도 성분을 적분하는 제1 적분부(135-1), 제1 적분부(135)의 출력값으로부터 이동속도를 추정하는 이동속도 추정부(136), 이동속도 추정부(136)에서 추정된 이동속도를 적분하는 제2 적분부(135-2) 및 제2 적분부(135-2)의 출력값으로부터 이동거리를 추정하는 이동거리 추정부(137)를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 자세각 검출부(130)는 속도 검출부(110)에서 검출된 가속도 값 중 중력 가속도 성분을 계산하는 중력 가속도 계산부(133) 및 중력 가속도 계산부(133)에서 계산된 중력 가속도 성분으로부터 x축 및 y축 회전각을 연산하는 자세각 연산부(134)를 포함할 수 있다.

- [0028] 한편, 경우에 따라 자세각 검출부(130)에서 검출된 자세각은 디스플레이부(140)를 통해 디스플레이될 수 있으며, 통신부(150)를 통해 타 기기로 전송할 수도 있다.
- [0029] 이하에서는 도면을 참조하여 자세각 검출부(130) 중 자세각 연산부(134)의 구체적인 동작에 대해 설명하도록 한다.
- [0030] 한편, 본 발명에서는 설명의 편의를 위하여 자세각을 측정하고자 하는 대상체는 일차원 혹은 이차원에서 직선 혹은 평면에 대한 외부 가속도 영향을 받는다고 가정한다. 특히, z축 방향의 외부 가속도 성분은 없다고 가정한다. 또한 주로 하나의 축, 특히 x축 방향의 외부 가속도 성분을 가진다고 가정한다. 마지막으로 외부 가속도의 크기는 중력가속도에 비하여 그 크기가 충분히 작다고 가정한다.
- [0031] 자동차를 예로 들면, 자동차의 진행 방향을 x축 이라고 할 때, 주로 가속 및 감속에 의한 외부 가속도는 x축에 나타나며, 선회에 대한 원심력에 의한 외부 가속도는 x, y축 동시에 나타나게 된다. 주된 외부 가속도는 x축에 나타나게 되며, 좌우 선회하는 경우에만 y축의 외부 가속도가 발생한다고 할 수 있다. 또한, 달리는 도로가 평평하다면 z축에 대한 외부 가속도가 생길 확률이 없다고 할 수 있다. 외부 가속도의 크기는 1초당 약 35.3Km/h의 속도를 가속할 수 있는 힘이다. 갑작스러운 충격이 아닌 경우를 제외하면 외부 가속도가 중력 가속도에 비하여 충분히 작다.
- [0032] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 이해를 돕기 위한 좌표계의 구성을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0033] 도 2a는 항법 좌표계(200)의 구성이며, 도 2b는 동체 좌표계(210)의 구성을 나타낸다. 여기서, 항법 좌표계란 지구에 고정된 좌표계를 의미하며, 동체 좌표계란 센서에 고정된 좌표계를 의미한다. 즉, 센서가 어떤 공간 상에서 움직이는 경우 센서의 자세와 위치를 표시할 고정된 좌표계가 필요한데 이를 항법 좌표계라 할 수 있다.
- [0034] 도 2a에 도시된 항법 좌표계(200) 및 도 2b는 동체 좌표계(210)는 각각 x축(201, 211), y축(202, 212), x축(203, 213)을 갖는다. 한편, 도 2b는 도 1에서 설명한 가속도 검출부(110)를 나타내는 것이기도 한다.
- [0035] 도 2a에 도시된 항법 좌표계(xn, yn, zn) 및 도 2b에 도시된 동체 좌표계(xb, yb, zb) 사이에는 수학적 1과 같은 관계가 성립한다.

수학적 1

$$\begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta\cos\psi & \cos\theta\sin\psi & -\sin\theta \\ \sin\phi\sin\theta\cos\psi - \cos\phi\sin\psi & \sin\phi\sin\theta\sin\psi + \cos\phi\cos\psi & \sin\phi\cos\theta \\ \cos\phi\sin\theta\cos\psi + \sin\phi\sin\psi & \cos\phi\sin\theta\sin\psi - \sin\phi\cos\psi & \cos\phi\cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix}$$

[0036] 여기서, ϕ , θ , ψ 는 각각 x, y, z 축에 대한 회전각이고, C는 회전에 대한 회전 행렬이다.

[0037] 가속도 검출부(120)를 통해 측정하는 가속도 성분은 중력 가속도 g와 외부 가속도 a_e 의 합력이 된다. 중력 가속도는 항법 좌표계에서 볼 때 z축에만 작용되므로, 가속도 검출장치 출력인 y_a 는 수학적 2와 같다.

수학적 2

$$y_a = \begin{bmatrix} y_{a,x} \\ y_{a,y} \\ y_{a,z} \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{bmatrix} + a_e = \begin{bmatrix} -\sin\theta \\ \sin\phi\cos\theta \\ \cos\phi\cos\theta \end{bmatrix} g + a_e$$

[0039] 한편, 외부 가속도가 하나의 축, 또는 하나의 평면에만 작용한다고 가정하도록 한다.

[0040] 제 1 실시 예 : 외부 가속도가 하나의 축에 작용하는 경우

[0042] 이 경우 외부 가속도는 수학적 3과 같이 정의할 수 있다.

수학적 3

$$a_e = \alpha_1 v_1$$

[0043]

[0044] 제 2 실시 예 : 외부 가속도가 하나의 평면에 작용하는 경우

[0045] 이 경우 외부 가속도는 수학식 4와 같이 정의할 수 있다.

수학식 4

$$\mathbf{a}_e = \alpha_1 \mathbf{v}_1 + \alpha_2 \mathbf{v}_2$$

[0046]

[0047] 여기서, $\mathbf{v}_i (i=1, 2, 3)$ 는 3차원 평면 상에서 서로 간에 정교직교(orthonormal)하는 성질을 가지는 벡터이며, $\alpha_i (i=1, 2)$ 는 외부 가속도의 크기에 해당한다.

[0048] 만약 외부 가속도가 없다면 $\mathbf{a}_e$ 의 부분은 제거되고, 가속도 검출부를 통해 y_a 값을 구하게 되면 수학식 5에 의해 자세각 ϕ, θ 를 구할 수 있다.

수학식 5

$$\phi = \text{atan}(y_{a,y}/y_{a,z}), \theta = \text{asin}(-y_{a,x}/g)$$

[0049]

[0050] $\mathbf{a}_e$ 가 존재할 때, y_a 의 크기는 g 보다 크거나 작기 때문에 g 의 크기로 만들기 위하여, 수학식 6과 같이 y_a 의 크기인 $\|\mathbf{y}_a\|$ 로 나누고 g 를 곱하여 준다.

수학식 6

$$\mathbf{y}_a \rightarrow \frac{g}{\|\mathbf{y}_a\|} \mathbf{y}_a$$

[0051]

[0052] $\mathbf{a}_e$ 에 대한 부분은 보상하였기 때문에 수학식 2를 다시 정리하면, 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$\frac{g}{\|\mathbf{y}_a\|} \mathbf{y}_a = \begin{pmatrix} -\sin\theta \\ \sin\phi \cos\theta \\ \cos\phi \cos\theta \end{pmatrix} g$$

[0053]

[0054] 수학식 7을 이용하여 자세각을 구하면 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$\text{atan}(y_{a,y}/y_{a,z}), \theta = \text{asin}(-y_{a,x}/\|\mathbf{y}_a\|)$$

[0055]

[0056] 이 경우, 작용되는 외부 가속도는 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$\hat{\mathbf{a}}_e = \left(1 - \frac{g}{\|\mathbf{y}_a\|}\right) \mathbf{y}_a$$

[0057]

[0058] 이러한 방법은 외부 가속도가 중력방향과 같은 방향으로 작용될 때는 정확한 자세를 계산할 수 있지만, 중력방향과 90도에 가까운 각도로 작용되면, 외부 가속도 성분을 제대로 추정하지 못하며, 정확한 자세 또한 추정하지

못한다.

[0059] 도 3은 본 발명의 이해를 돕기 위한 경사에서 자세각 측정 원리를 설명하는 도면이다.

[0060] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 이해를 돕기 위한 외부 가속도가 자세각에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면들이다.

[0061] 도 4a의 경우 중력 가속도 방향으로 외부 가속도가 존재하기 때문에 수학적 식 6과 같은 방법을 사용하면, 기울어진 각 θ 를 구할 수 있지만, 도 4b와 같이 중력 가속도에 직각 방향으로 외부 가속도가 존재하면, 가속도 검출 장치를 통해 측정되는 가속도의 합력(402)은 자세각은 $\theta + \delta$ 로서 정확한 자세각을 추정하지 못한다.

[0062] 이하에서는, 중력 가속도 방향으로 외부 가속도가 존재하지 않는 경우에 대한 자세각 추정 방법에 대해 설명하도록 한다.

[0063] 만약 가속도 검출부(120)를 통해 구해진 가속도의 크기가 중력가속도의 크기와 동일하면, 수학적 식 5를 통하여 자세각을 구할 수 있다.

[0064] 또한, 가속도의 크기가 중력 가속도의 크기보다 크거나 작다면 측정되는 가속도의 값을 수학적 식 10과 같이 정의할 수 있다.

수학적 식 10

$$y_a = \tilde{y}_a + \hat{a}_e$$

[0065]

[0066] 여기서, $\tilde{y}_a$ 는 그 크기가 g ($\|\tilde{y}_a\| = g$) 이며, 자세각이 ϕ , θ 인 임의의 가속도 성분이라 가정한다.

[0067] 상술한 바와 같이 제 1 실시 예(외부 가속도가 하나의 축에 작용하는 경우)와 제 2 실시 예(외부 가속도가 하나의 평면에 작용하는 경우)를 적용하면, 하기와 같이 정리할 수 있게 된다.

[0068] 제 1 실시 예(외부 가속도가 하나의 축에 작용하는 경우)

수학적 식 11

$$y_a = \tilde{y}_a + \alpha_1 v_1$$

$$\|y_a - \alpha_1 v_1\| = \|\tilde{y}_a\| = g$$

$$\|\tilde{y}_a - [\alpha_1 \ 0 \ 0]^T\| = g$$

[0069]

[0070] 여기서, $\tilde{y}_a$ 는 $V^T y_a$ 이며, $V = [v_1 \ v_2 \ v_3]^T$ 로, 수학적 식 11은 가속도 검출부의 출력과 외부 가속도의 축을 일치시키기 위한 수식이다. 축을 일치시키기 위한 회전을 하였다고 해도 그 크기는 동일하기 때문에 수학적 식 11이 성립할 수 있다.

[0071] 수학적 식 11을 수학적으로 전개하면 수학적 식 12와 같다.

수학적 식 12

$$(\bar{y}_{a,1} - \alpha_1)^2 + (\bar{y}_{a,2})^2 + (\bar{y}_{a,3})^2 = g^2$$

$$\alpha_1 = \bar{y}_{a,1} \mp \sqrt{g^2 - (\bar{y}_{a,2})^2 - (\bar{y}_{a,3})^2} = \left(1 \mp \frac{\sqrt{g^2 - (\bar{y}_{a,2})^2 - (\bar{y}_{a,3})^2}}{\bar{y}_{a,1}}\right) \bar{y}_{a,1}$$

[0072]

[0073] 외부 가속도가 한 축에 대해서만 작용하는 경우 수학적 식 10을 만족하는 가속도의 중합은 2가지가 존재한다.

[0074] 수학식 12를 수학식 10에 대입하면, 수학식 13과 같다.

수학식 13

$$\tilde{y}_a = V \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{g^2 - (\bar{y}_{a,2})^2 - (\bar{y}_{a,3})^2}}{|\bar{y}_{a,1}|} - \bar{y}_{a,1} \\ \bar{y}_{a,2} \\ \bar{y}_{a,3} \end{bmatrix}$$

[0075]

[0076] 제 2 실시 예(외부 가속도가 하나의 평면에 작용하는 경우)

수학식 14

$$\begin{aligned} y_a &= \tilde{y}_a + \alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 \\ \| y_a - \alpha_1 v_1 - \alpha_2 v_2 \| &= \| \tilde{y}_a \| = g \\ \| \bar{y}_a - \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & 0 \end{bmatrix}^T \| &= g \end{aligned}$$

[0077]

[0078] 수학식 14를 수학적으로 전개하면 수학식 15와 같다.

수학식 15

$$\begin{aligned} (\bar{y}_{a,1} - \alpha_1)^2 + (\bar{y}_{a,2} - \alpha_2)^2 + (\bar{y}_{a,3})^2 &= g^2 \\ (\alpha_1 - \bar{y}_{a,1})^2 + (\alpha_2 - \bar{y}_{a,2})^2 &= g^2 - (\bar{y}_{a,3})^2 \end{aligned}$$

[0079]

[0080] 외부 가속도가 평면 상에 존재할 때는, 수학식 10을 만족하는 무수히 많은 조합이 발생한다. 수학식 15를 보면 원의 방정식 형태로 나타내어지는 것을 확인할 수 있으며, 여기에 해당하는 모든 근이 수학식 10을 만족하게 된다. 이 중에서 가장 작은 크기를 갖는 것이 구하고자 하는 외부 가속도이기 때문에 $\alpha_1^2 + \alpha_2^2$ 중 가장 작은 값을 구하면 수학식 16 과 같다.

수학식 16

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} = \left(1 - \frac{\sqrt{G^2 - a_z^2}}{\sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \right) \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \end{bmatrix}$$

[0081]

[0082] 수학식 16을 수학식 10에 대입하면, 수학식 17과 같다.

수학식 17

$$\tilde{y}_a = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{g^2 - (\bar{y}_{a,3})^2}}{\sqrt{(\bar{y}_{a,1})^2 - (\bar{y}_{a,2})^2}} \bar{y}_{a,1} \\ \frac{\sqrt{g^2 - (\bar{y}_{a,3})^2}}{\sqrt{(\bar{y}_{a,1})^2 - (\bar{y}_{a,2})^2}} \bar{y}_{a,2} \\ \bar{y}_{a,3} \end{pmatrix}$$

여기서, 수학식 13과 수학식 17을 통해서 계산할 수 있는 자세각 ϕ, θ 는 수학식 18과 같다.

수학식 18

$$\phi = \text{atan}(\tilde{y}_{a,2}/\tilde{y}_{a,3}) \quad , \quad \theta = \text{asin}(-\tilde{y}_{a,1}/g)$$

도 5a 및 5b는 종래 기술과 본 발명에 따른 자세각 검출 방법에 따른 오차 결과를 비교하기 위한 그래프이다.

도 5a는 종래 기술에 따른 자세각의 오차 정도를 나타낸 것으로, 도 5b는 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 방법의 오차 정도를 나타낸 것으로 본 발명에 따른 자세각 검출 방법을 적용하는 경우 오차가 감소되는 것을 확인할 수 있다.

한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 방법은 3축의 가속도 검출장치를 이용하여 가속도를 검출하는 단계 및 상기 검출된 가속도 값으로부터 중력 가속도 성분과 중력 가속도 이외의 가속도 성분을 분리하는 단계, 동체 좌표계와 항법 좌표계 사이의 관계를 이용하여 상기 분리된 중력 가속도 성분에 대한 x축 및 y축 회전각을 연산하는 단계를 포함할 수 있다.

상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 일반적인 조건에서 외부 가속도가 존재할 만한 상황에 대한 가정을 통해 좀 더 정확한 자세각을 추정할 수 있으며, 추가적인 검출장치나 장비 없이 수학적 계산을 통해 정확한 자세각을 추정할 수 있게 된다.

또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특징의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 자세각 검출 장치의 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2a 및 도 2b는 본 발명의 이해를 돕기 위한 좌표계의 구성을 설명하기 위한 도면들이다.

도 3은 본 발명의 이해를 돕기 위한 경사에서 자세각 측정 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 본 발명의 이해를 돕기 위한 외부 가속도가 자세각에 미치는 영향을 설명하기 위한 도면들이다.

도 5a 및 5b는 종래 기술과 본 발명에 따른 자세각 검출 방법에 따른 오차 결과를 비교하기 위한 그래프이다.

* 도면 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

110 : 가속도 검출부

115 : A/D 변환부

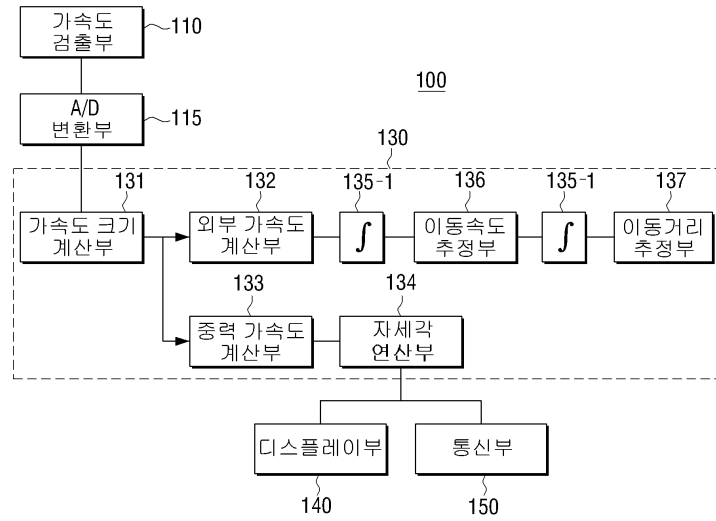
[0098] 130 : 자세각 검출부

140: 디스플레이부

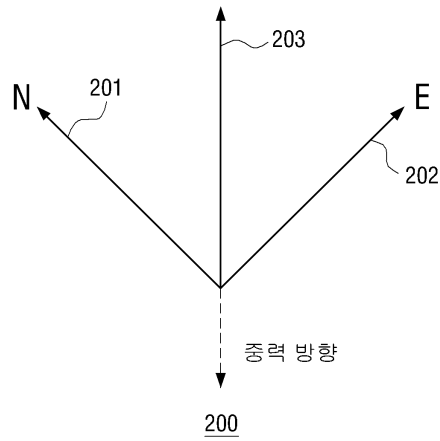
[0099] 150 : 통신부

도면

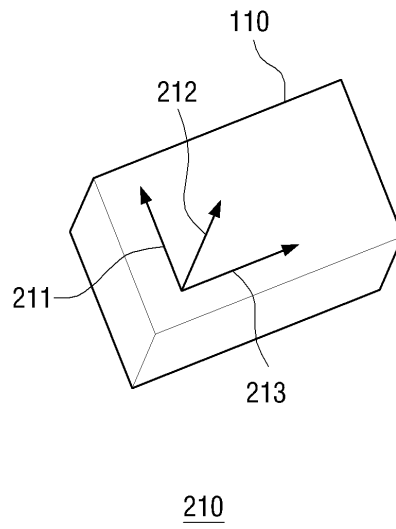
도면1



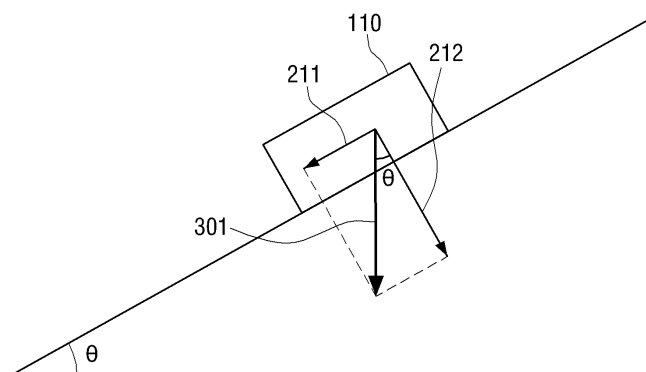
도면2a



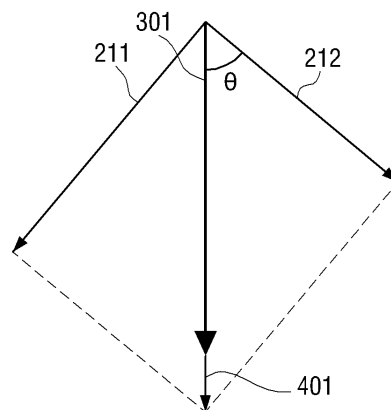
도면2b



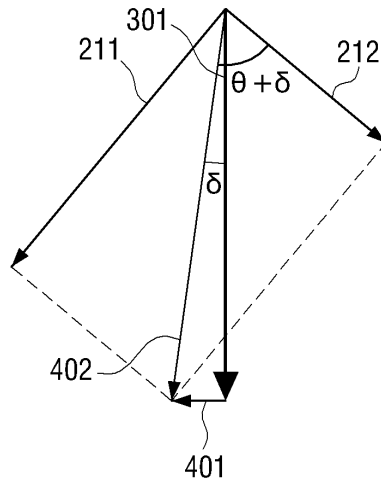
도면3



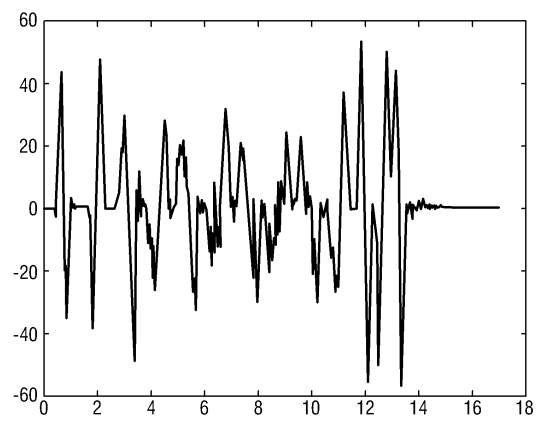
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

