(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0058281
(43) 공개일자 2013년06월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01C 22/00 (2006.01) *G01C 23/00* (2006.01)
G01C 21/16 (2006.01) *G01P 15/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0124200
(22) 출원일자 2011년11월25일
심사청구일자 2012년05월10일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
서영수
울산광역시 남구 옥동 137 대공원롯데인벤스가 201동 801호
박상경
울산광역시 동구 일산동 577-24번지
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 11 항

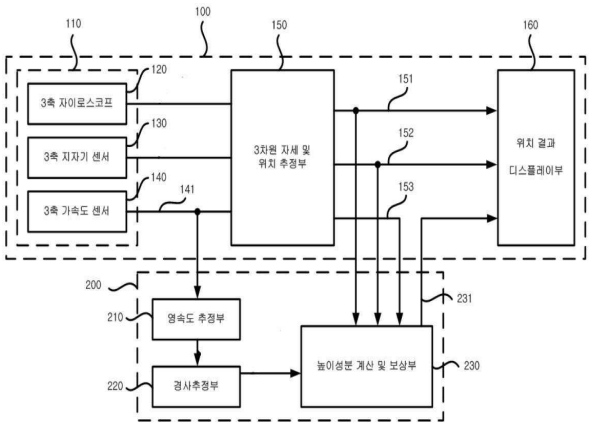
(54) 발명의 명칭 **보행용 관성 항법 시스템 및 이를 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법**

(57) 요 약

본 발명은 보행용 관성 항법 시스템 및 이를 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 보행용 관성 항법 시스템은, 보행자의 신발에 탑재된 보행용 관성 항법 장치 중 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 이용하여 경사와 관련된 Y축의 각도를 계산하고 계산한 Y축의 각도를 기초로 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단하는 영속도 추정부; 영속도 추정부에서 상기 영속도 구간으로 판단되면, 계산한 Y축의 각도와 평지에서 계산된 보행자의 신발의 경사 초기값을 이용하여 신발과 지면의 경사각을 추정하는 경사 추정부; 및 보행용 관성 항법 장치로부터 수신한 신발의 N번째 위치와 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보와 추정한 지면의 경사각을 이용하여 N번째 위치에서 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하여 보상하는 높이 성분 계산 및 보상부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

이홍희

울산광역시 울주군 범서읍 구영리 푸르지오 2차 아파트 504동 1401호

강희준

울산광역시 남구 신복로45번길 4, 아파트 1504호 (무거동, 현대문수팰리스)

노영식

울산광역시 남구 대학로11번길 19, 104호 (무거동, 새한원룸)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	B0008878
부처명	지식경제부
연구사업명	지역혁신센터
연구과제명	네트워크 기반 자동화 연구센터
주관기관	울산대학교
연구기간	2011.03.01 ~ 2012.02.28이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011-0002770
부처명	교육과학기술부
연구사업명	기본연구지원사업
연구과제명	걸음걸이의 운동방정식을 이용한 보행자 관성항법장치
주관기관	울산대학교
연구기간	2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

보행자의 신발에 탑재된 보행용 관성 항법 장치 중 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 이용하여 경사와 관련된 Y축의 각도를 계산하고 상기 계산한 Y축의 각도를 기초로 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단하는 영속도 추정부;

상기 영속도 추정부에서 상기 영속도 구간으로 판단되면, 상기 계산한 Y축의 각도와 평지에서 계산된 보행자의 신발의 경사 초기값을 이용하여 상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 경사 추정부; 및

상기 보행용 관성 항법 장치로부터 수신한 신발의 N번째 위치와 상기 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보와 상기 추정한 지면의 경사각을 이용하여 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하여 보상하는 높이 성분 계산 및 보상부를 포함하는 보행용 관성 항법 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 높이 성분 계산 및 보상부는 상기 추정한 Z축의 높이 성분으로 Z축 오차를 보상하여 출력하는 보행용 관성 항법 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 영속도 추정부는 아래의 [수식 1]의 조건을 일정 시간 만족하는 경우 상기 영속도 구간으로 인식하는 보행용 관성 항법 시스템:

[수식 1]

$$|\theta_i - \theta_{i-1}| < 2^\circ$$

여기서, i는 가속도, 자이로계, 방위각을 측정하는 관성 측정 장치를 통해 들어오는 각각의 시간임.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 경사 추정부는 가속도, 자이로계, 방위각을 측정하는 관성 측정 장치로부터 상기 계산된 Y축 각도에서 상기 경사 초기값을 뺀 값이 상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 보행용 관성 항법 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 높이 성분 계산 및 보상부는 높이 성분의 데이터를 사용하지 않고 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보를 이용하여 상기 Z축의 높이 성분을 아래의 [수식 2]를 이용하여 추정하는 보행용 관성 항법 시스템:

[수식 2]

$$\delta_z = \tan(\theta_{k_1} - \theta_{init}) \parallel \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} (r_{k_2} - r_{k_1}) \parallel$$

여기서, θ_{k1}은 k1일 때의 Y축의 각도, θ_{init}는 상기 경사 초기값을, r_{k_1}는 k1일 때의 신발의 X, Y, Z축의 위

치 데이터와 r_{k_2} 는 k2일 때의 신발의 X, Y, Z축의 위치 데이터임.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 높이 성분 계산 및 보상부는 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하고 보행자의 보행 중에 매 걸음마다 구한 Z축의 높이 성분을 누적하여 최종 높이 성분을 추정하는 보행용 관성 항법 시스템.

청구항 7

보행자의 신발에 탑재된 보행용 관성 항법 장치 중 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 수신하여 경사와 관련된 Y축의 각도를 계산하는 단계;

상기 계산한 Y축의 각도를 기초로 일정 시간 동안 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단하는 단계;

상기 영속도 구간으로 판단되는 경우, 상기 계산한 Y축의 각도와 평지에서 계산된 보행자의 신발의 경사 초기값을 이용하여 상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 단계;

상기 보행용 관성 항법 장치로부터 경사를 오르는 신발의 N번째 위치와 상기 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축, Y축, Z축의 위치 정보를 수신하는 단계; 및

상기 추정한 지면의 경사각과 상기 수신한 X축과 Y축의 위치 정보를 이용하여 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하여 보상하는 단계를 포함하는 경사각 및 높이 성분의 추정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 영속도 구간 여부를 판단하는 단계는,

아래의 [수식 3]의 조건을 일정 시간 만족하는 경우 상기 영속도 구간으로 인식하는 경사각 및 높이 성분의 추정 방법:

[수식 3]

$$|\theta_i - \theta_{i-1}| < 2^\circ$$

여기서, i는 가속도, 자이로계, 방위각을 측정하는 관성 측정 장치를 통해 들어오는 각각의 시간임.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 단계는,

상기 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 나타내는 아래의 [수식 4]와 X축과 Y축 각도를 계산하는 아래의 [수식 5]를 통해 보행자의 신발의 상기 계산한 Y축 각도와 상기 경사 초기값을 추정하는 단계; 및

상기 계산된 Y축 각도에서 상기 경사 초기값을 뺀 값이 상기 신발과 지면의 경사각으로 추정하는 단계를 포함하는 경사각 및 높이 성분의 추정 방법:

[수식 4]

$$y_a = \begin{bmatrix} y_{ax} \\ y_{ay} \\ y_{az} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} -\sin\theta \\ \cos\theta\sin\phi \\ \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}$$

[수식 5]

$$\phi = atan2(y_{ay}, y_{az})$$
$$\theta = atan2\left(-y_{ax}, \sqrt{y_{ay}^2 + y_{az}^2}\right)$$

여기서, 여기서, y_{ax}, y_{ay}, y_{az}는 각각 3축 가속도 센서의 x_b, y_b, z_b축 출력이고, ϕ는 x_n축 방향 회전각이며, θ는 y_n축 방향 회전각임.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 Z축의 높이 성분을 추정하는 단계는,

높이 성분의 데이터를 사용하지 않고 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보를 이용하여 상기 Z축의 높이 성분을 아래의 [수식 6]을 이용하여 추정하는 경사각 및 높이 성분의 추정 방법:

[수식 6]

$$\delta_z = \tan(\theta_{k_1} - \theta_{init}) \parallel \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} (r_{k_2} - r_{k_1}) \parallel$$

여기서, θ_{k1}은 k1일 때의 Y축의 각도, θ_{init}는 상기 경사 초기값을, r_{k_1}는 k1일 때의 신발의 X, Y, Z축의 위치 데이터와 r_{k_2}는 k2일 때의 신발의 X, Y, Z축의 위치 데이터임.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 Z축의 높이 성분을 추정하는 단계는,

상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하고 보행자의 보행 중에 매 걸음마다 구한 Z축의 높이 성분을 누적하여 최종 높이 성분을 추정하는 경사각 및 높이 성분의 추정 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 보행용 관성 항법 시스템에 관한 것으로서, 특히 신발이 땅에 닿는 순간의 충격으로 인한 높이 오차를 보상할 수 있는 보행용 관성 항법 시스템 및 이를 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 관성 측정 장치의 출력을 측정하기 위해서는 관성 측정 장치를 통해 측정되는 3축의 회전 각속도 값의 적분을 통하여 자세를 구하고, 측정되는 3축의 가속도 값에 자세에 의한 가속도 성분을 보상함과 동시에 각 자세에서의

가속도 성분의 이중 적분을 통하여 이동한 거리를 추정한다.

[0003] 실제 센서의 출력에는 노이즈, 바이어스 오차 등과 같은 오차 성분이 포함되어 있어 적분 과정을 거치면서 오차 성분이 커지게 된다. 이러한 오차 성분은 자세 및 위치를 이전 상태에서의 변화량으로 추정하기 때문에 시간에 대해 누적되어 일정 시간이 지나면 상당히 큰 오차를 가지게 된다. 따라서, 각종 필터링 기법을 통하여 오차를 추정하고 보상한다.

[0004] 보행용 관성 항법 시스템은 신발이 땅에 닿는 순간의 충격이 크고 보행하는 신발의 움직임이 순간적으로 크게 증가하는 형태이므로 센서가 정확하게 관성력을 측정하지 못하여 시간에 대한 오차 누적이 더욱 심각한 문제점이 있다. 보행용 관성 항법 시스템은 추정되는 결과를 보면 앞뒤, 좌우로 움직이는 2차원 축에 대한 결과보다 높이에 해당하는 축의 결과가 좋지 않다. 보행용 관성 항법 시스템은 신발이 땅에 닿는 순간의 충격을 관성 측정 장치에서 제대로 측정하지 못하기 때문에 높이에 대한 오차가 크게 발생한다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국 특허공개공보 제2009-0061019호(2009. 06. 15)에 기재되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 보행자의 발의 경사각을 추정하여 보행 거리 추정시 발생하는 높이 성분의 오차 추정 및 보상을 수행하는 보행용 관성 항법 시스템 및 이를 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 보행용 관성 항법 시스템은,

[0008] 보행자의 신발에 탑재된 보행용 관성 항법 장치 중 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 이용하여 경사와 관련된 Y축의 각도를 계산하고 상기 계산한 Y축의 각도를 기초로 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단하는 영속도 추정부; 상기 영속도 추정부에서 상기 영속도 구간으로 판단되면, 상기 계산한 Y축의 각도와 평지에서 계산된 보행자의 신발의 경사 초기값을 이용하여 상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 경사 추정부; 및 상기 보행용 관성 항법 장치로부터 수신한 신발의 N번째 위치와 상기 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보와 상기 추정한 지면의 경사각을 이용하여 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하여 보상하는 높이 성분 계산 및 보상부를 포함한다.

[0009] 본 발명의 특징에 따른 보행용 관성 항법 시스템을 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법은,

[0010] 보행자의 신발에 탑재된 보행용 관성 항법 장치 중 가속도 센서의 X축, Y축, Z축 출력을 수신하여 경사와 관련된 Y축의 각도를 계산하는 단계; 상기 계산한 Y축의 각도를 기초로 일정 시간 동안 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단하는 단계; 상기 영속도 구간으로 판단되는 경우, 상기 계산한 Y축의 각도와 평지에서 계산된 보행자의 신발의 경사 초기값을 이용하여 상기 신발과 지면의 경사각을 추정하는 단계; 상기 보행용 관성 항법 장치로부터 경사를 오르는 신발의 N번째 위치와 상기 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축, Y축, Z축의 위치 정보를 수신하는 단계; 및 상기 추정한 지면의 경사각과 상기 수신한 X축과 Y축의 위치 정보를 이용하여 상기 N번째 위치에서 상기 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하여 보상하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 전술한 구성에 의하여, 본 발명은 기존의 보행용 관성 항법 시스템의 가속도 센서의 출력만을 이용하여 보행자의 발의 경사각을 추정하여 보행 거리 추정시 발생하는 높이 성분의 오차 추정 및 보상을 수행하는 효과가 있다.

[0012] 또한, 본 발명은 기존의 보행용 관성 항법 시스템을 이용하여 높이 성분의 오차 추정 및 보상을 수행하여 추가적인 장비 사용을 통한 비용 증가를 최소화하고 장비의 부착으로 인한 번거로움을 줄이는 효과가 있다.

[0013] 또한, 본 발명은 보행용 관성 항법 시스템을 이용하여 경사도에 따라 추가되거나 감소되는 운동량을 정확하게 산출할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템의 구성을 간략하게 나타낸 블록도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템을 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템의 결과의 기준이 되는 항법 좌표계와 관성 측정 장치의 동체 좌표계를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 경사 초기값을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 경사위에서 신발의 자세를 계산하기 위한 개념을 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 경사도를 보행 시 신발의 높이 변위를 계산하기 위한 개념을 나타낸 도면이다.

도 7은 평지(경사 0°)를 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이다.

도 8은 평지(경사 0°)를 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이다.

도 9는 경사 6.14° 의 오르막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이다.

도 10은 경사 6.14° 의 내리막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이다.

도 11은 경사 6.14° 의 오르막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이다.

도 12는 경사 6.14° 의 내리막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0016] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템의 구성을 간략하게 나타낸 블록도이다.

[0018] 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템은 관성 항법 장치(100) 및 경사각 및 높이 성분 추정부(200)를 포함한다.

[0019] 관성 항법 장치(100)는 3축 자이로스코프(120), 3축 지자기 센서(130), 3축 가속도 센서(140)를 포함한 관성 측정 장치(110), 3차원 자세 및 위치 추정부(150) 및 위치 결과 디스플레이부(160)를 포함한다.

[0020] 3축 자이로스코프(120)는 3차원 관성 공간에서 보행자의 진행 방향을 감지하여 보행자의 X축, Y축, Z축의 회전 각속도(p, q, r)를 감지한다.

[0021] 3축 지자기 센서(130)는 3차원 관성 공간에서 GPS 위성으로부터 보행자의 위치 정보를 수신하여 보행자의 X축, Y축, Z축의 위치 및 속도를 측정한다.

[0022] 3축 가속도 센서(140)는 3차원 관성 공간에서 보행자의 주행 속도를 감지하여 보행자의 X축, Y축, Z축의 선형 가속도(Fx, Fy, Fz)를 감지한다.

[0023] 3차원 자세 및 위치 추정부(150)는 3축 자이로스코프(120), 3축 지자기 센서(130), 3축 가속도 센서(140)로부터 입력받은 측정 정보의 오차를 보상하고 오차가 보상된 측정 정보에 기반하여 보행자의 속도, 위치, 자세 및 회전을 계산한다.

[0024] 3차원 자세 및 위치 추정부(150)는 3축 자이로스코프(120)에서 감지된 보행자의 회전 각속도(p, q, r)의 적분을

통하여 보행자의 자세를 계산하고, 3축 지자기 센서(130)에서 감지된 보행자의 위치 및 속도와 3축 가속도 센서(140)에서 감지된 선형 가속도에 의해 보행자의 실제 위치와 속도를 계산한다.

[0025] 3차원 자세 및 위치 추정부(150)는 계산된 보행자의 실제 위치와 속도, 자세를 기초로 보행자의 위치 및 속도에 대한 오차를 추정하여 오차가 보상된 보행자의 위치, 속도 및 자세가 출력된다. 이때, 3차원 자세 및 위치 추정부(150)는 칼만 필터(Kalman Filter)로 구성하여 3축 지자기 센서(130)에서 출력되는 신호를 입력받아 보행자의 X축, Y축, Z축의 위치를 판단하고, 보행자의 위치를 입력으로 미분 알고리즘에 따라 보행자의 속도를 계산하며, 보행자의 위치와 속도를 칼만 필터를 포함한 매트릭스의 입력으로 하여 보행자의 위치와 속도를 계산한다.

[0026] 3차원 자세 및 위치 추정부(150)에서 보행자의 위치, 속도 및 자세를 계산하는 방법은 기존의 보행용 관성 항법 시스템에서 사용되는 공지된 기술로서 상세한 설명을 생략한다.

[0027] 3차원 자세 및 위치 추정부(150)는 보행자의 X축, Y축, Z축의 위치 추정값(151, 152, 153)을 출력한다.

[0028] 위치 결과 디스플레이부(160)는 보행자의 X축, Y축, Z축의 위치 추정값(151, 152)과 높이 성분 계산 및 보상부(230)로부터 보정된 항법 좌표계상 Z축 높이 성분(231)을 출력한다.

[0029] 경사각 및 높이 성분 추정부(200)는 영속도 추정부(210), 경사 추정부(220) 및 높이 성분 계산 및 보상부(230)를 포함한다.

[0030] 영속도 추정부(210)는 3축 가속도 센서(140)의 출력(141)을 입력받아 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단한다. 영속도 구간 영부를 판단하는 방법은 이하의 도 2에서 상세하게 설명한다.

[0031] 경사 추정부(220)는 영속도 추정부(210)에서 영속도 구간으로 판단되면, 신발과 지면의 경사각을 추정한다. 경사각을 추정하는 방법은 이하의 도 2에서 상세하게 설명한다.

[0032] 높이 성분 계산 및 보상부(230)는 3차원 자세 및 위치 추정부(150)로부터 수신한 신발의 N번째 위치와 N번째 위치에서 일정 거리 떨어진 N+1 번째 위치의 각각의 X축과 Y축의 위치 정보와 신발과 지면의 경사각을 이용하여 N번째 위치에서 N+1 번째 위치까지의 Z축의 높이 성분을 추정하고 추정한 Z축의 높이 성분으로 Z축 오차를 보상하여 위치 결과 디스플레이부(160)로 출력한다.

[0033] 임의의 물체가 정지 상태 또는 정속도 상태에서는 지구 중심 방향으로 작용하는 중력 가속도만 존재하게 된다. 만약 임의의 물체가 관성 측정 장치(110)의 3축 가속도 센서(140)일 경우, 3축 가속도 센서(140)를 통해 측정되는 3차원 상의 가속도는 1g의 중력 가속도만이 측정될 것이며 중력 가속도를 통해 3축 가속도 센서(140)의 자세를 추정할 수 있다.

[0034] 다음, 도 2를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템을 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법을 상세하게 설명한다.

[0035] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 보행용 관성 항법 시스템을 이용한 경사각 및 높이 성분의 추정 방법을 나타낸 도면이다.

[0036] 관성 측정 장치(110)가 위치한 부분이 정지해 있거나 정속도 운동을 하는 경우 3축 가속도 센서(140)의 출력(y_a)(141)은 다음의 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

[0037]
$$y_a = \begin{bmatrix} y_{ax} \\ y_{ay} \\ y_{az} \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} -\sin\theta \\ \cos\theta\sin\phi \\ \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}$$

[0038] 여기서, y_{ax}, y_{ay}, y_{az}는 각각 3축 가속도 센서(140)의 x_b, y_b, z_b축 출력이고, ϕ는 x_n축

방향 회전각이며, θ는 y_n축 방향 회전각이다.

[0039] 이때, x_b, y_b, z_b는 동체 좌표계(310)의 축을 x_n, y_n은 항법 좌표계(300)의 축을 나타낸다.

[0040] 본 발명의 실시예에서는 설명의 편의를 위해 동체 좌표계(310)과 항법 좌표계(300)의 축을 동일하게 설정하였으며 신발의 주된 진행 방향(신발의 앞부분)을 x축으로 정의한다.

[0041] 도 3의 (a)는 항법 좌표계(300)의 구성이며, 도 3의 (b)는 동체 좌표계(310)의 구성을 나타낸다. 여기서, 항법 좌표계(300)는 지구에 고정된 좌표계(항법 좌표계 X, Y, Z축(301, 302, 303))를 의미하며, 동체 좌표계(310)는 센서에 고정된 좌표계(동체 좌표계 X, Y, Z축(311, 312, 313))를 의미한다. 즉, 센서가 어떤 공간 상에서 움직이는 경우 센서의 자세와 위치를 표시할 고정된 좌표계가 필요한데 이를 항법 좌표계(300)라 할 수 있다.

[0042] 전술한 [수학식 1]을 이용하여 x축과 y축의 각도를 계산하면 다음의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

[0043]
$$\phi = atan2(y_{ay}, y_{az})$$
$$\theta = atan2\left(-y_{ax}, \sqrt{y_{ay}^2 + y_{az}^2}\right)$$

[0044] 일반적인 보행에서 길의 경사와 관계된 축은 y축 각도이므로 θ의 값에 주목한다. 즉, 관성 측정 장치(110)가 정지해 있거나 등속 운동을 하는 경우, θ는 관성 측정 장치(110)의 자세가 된다.

[0045] 사람이 보행 중에 일정 시간 이상 정속도 운동을 하기 쉽지 않으므로 가속도가 0에 이르는 경우 신발이 정지한 경우로 인정한다. 이러한 경우 영속도 구간이라 정의한다.

[0046] 영속도 추정부(210)는 3축 가속도 센서(140)의 출력을 입력받아 영속도 구간 여부를 판단한다(S100). 영속도 추정부(210)는 영속도 구간 여부를 판단하기 위해서 다음의 [수학식 3]과 같은 영속도 조건을 만족하고 영속도 조건을 일정 시간 이상 만족하는 경우 신발이 정지해 있는 것으로 인정하며 영속도 구간으로 판단한다.

수학식 3

[0047]
$$|\theta_i - \theta_{i-1}| < 2^\circ$$

[0048] 여기서, i는 관성 측정 장치(110)를 통해 들어오는 각각의 시간을 의미한다.

[0049] 신발이 정지한 경우는 신발이 땅에 닿아 있는 경우로 인정하고 신발이 땅에 닿아 있는지를 파악하기 위해서 전술한 [수학식 3]과 같은 조건을 만족해야 한다.

[0050] 경사 추정부(220)는 [수학식 3]을 만족하는 구간 내에서 [수학식 2]를 통해 신발의 자세, 즉 신발의 경사를 추정한다.

[0051] 도 4 및 도 5를 참조하면, 경사 추정부(220)는 영속도 추정부(210)로부터 보행자의 신발이 영속도 구간으로 인정되는 경우, 관성 측정 장치(110)에서 검출된 결과값(θ)과 신발의 경사 초기값(θ_{init})(222)을 통해 신발과 지면의 경사각(즉, 경사위에서 신발의 자세)(405)을 추정한다(수학식 4)(S102).

[0052] 여기서, 관성 측정 장치(110)에서 검출된 결과값은 3축 가속도 센서(140)의 출력값을 [수학식 2]에 대입하여 계산한다.

[0053] 신발마다 모양이 틀리고 놓는 위치에 따라 관성 측정 장치(110)가 놓여진 자세가 틀릴 수 있으므로 지표면과 평행면(404)을 고려하여 경사 초기값(222)을 측정하는 것이 필요하다.

[0054] 도 5에 도시된 바와 같이, 경사 초기값(222)은 평지에서 관성 측정 장치(110)에서 검출된 결과값을 [수학식 2]에 대입하여 계산한다.

수학식 4

[0055] $$\theta_{ground} = \theta - \theta_{init}$$

[0056] 높이 성분 계산 및 보상부(230)는 경사 추정부(220)로부터 추정된 지면의 경사각(405)과 항법 좌표계 X, Y축 상의 이동 거리를 기초로 Z축의 높이 성분을 추정한다(S104, S106).

[0057] 도 6에 도시된 바와 같이, 지면의 경사각(405)을 통해 Z축의 높이 성분에 대한 추정 방법은 다음과 같다.

[0058] 도 6을 참조하면, 신발이 일정한 경사를 가지는 경사면을 올라가는 것을 나타낸다.

[0059] 이때, 높이 성분 계산 및 보상부(230)는 신발이 닿는 순간인 k_1과 k_2 사이의 Z축의 높이(δ_z) 성분(412)을 추정한다(S104, S106).

[0060] k_1과 k_2 사이의 높이 성분(412)은 다음의 [수학식 5]와 같다.

수학식 5

[0061] $$\delta_z \approx \tan(\theta_{ground})\delta_{xy}$$

[0062] 여기서, δ_{xy}(411)는 도 5에 도시된 바와 같이, 신발이 2차원 상의 평면 운동을 한 부분으로 보행용 관성 항법 장치(100)의 결과값(151, 152)을 사용한다.

[0063] 즉, k_1일 때의 신발의 위치 데이터 r_{k_1}과 k_2일 때의 신발의 위치 데이터 r_{k_2}를 이용한다.

[0064] 이때 상대적으로 부정확한 Z축, 즉 높이 성분 데이터는 사용하지 않고 x, y축의 위치 데이터만을 사용한다. 이를 정리하면 다음의 [수학식 6]과 같다.

수학식 6

[0065] $$\delta_z = \tan(\theta_{k_1} - \theta_{init}) \left\| \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} (r_{k_2} - r_{k_1}) \right\|$$

[0066] δ_z(412)는 한 걸음$(k_1 \sim k_2)$ 사이의 높이차가 된다.

[0067] 높이 성분 계산 및 보상부(230)는 매 걸음 구한 δ_z(412)를 누적하면 최종적으로 높이 성분을 구할 수 있다.

[0068] 도 7은 평지(경사 0°)를 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이고, 도 8

은 평지(경사 0°)를 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이고, 도 9는 경사 6.14° 의 오르막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이고, 도 10은 경사 6.14° 의 내리막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상하지 않은 결과를 나타낸 도면이고, 도 11은 경사 6.14° 의 오르막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이고, 도 12는 경사 6.14° 의 내리막을 50m 걸었을 때, 본 발명에 의한 결과를 보상한 결과를 나타낸 도면이다.

[0069] 본 발명은 보행시 지면의 각도를 추정할 수 있으며, 더 나아가 정확하지 않은 보행용 관성 항법 시스템의 높이 결과를 보상할 수 있다.

[0070] 도 7은 평지를 50m 걸었을 때 높이 변위가 보상되지 않은 보행용 관성 항법 시스템의 결과이다.

[0071] 경사가 거의 없는 평지의 경우, 실제 예상되는 높이의 변화는 0(점선)에 가깝지만, 보행용 관성 항법 시스템의 Z축의 높이 오차는 5.76m(실선)가 나왔다.

[0072] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 보행용 관성 항법 시스템을 적용하는 경우, Z축의 높이 오차가 0.41m로 크게 줄어들었다.

[0073] 도 9 및 도 10을 참조하면, 경사도가 6.14° 인 경사면을 50m 보행하였을 때 예상되는 높이 변위는 5.35m이다.

[0074] 본 발명의 보행용 관성 항법 시스템을 통해 높이 오차를 보상하기 전에는 오르막 1.64m, 내리막 8.94m의 높이 오차를 보인다.

[0075] 이에 반해 도 11 및 도 12를 참조하면, 본 발명의 보행용 관성 항법 시스템을 통해 높이 오차를 보상하는 경우, 오르막 0.40m, 내리막 0.79m의 결과를 얻을 수 있다.

[0076] 이와 같이 보행용 관성 항법 시스템의 높이에 관련된 오차를 크게 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

[0077] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

[0078] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0079] 100: 관성 항법 장치

110: 관성 측정 장치

120: 3축 자이로스코프

130: 3축 지자기 센서

140: 3축 가속도 센서

141: 3축 가속도 센서의 출력

150: 3차원 자세 및 위치 추정부

151: 항법 좌표계상 X축 위치 추정값

152: 항법 좌표계상 Y축 위치 추정값

153: 항법 좌표계상 Z축 위치 추정값

160: 위치 결과 디스플레이부

200: 경사각 및 높이 성분 추정부

210: 영속도 추정부

220: 경사 추정부

222: 경사 초기값

230: 높이 성분 계산 및 보상부

231: 보정된 항법 좌표계상 Z축 높이 성분

300: 항법 좌표계

301: 항법 좌표계 X축

302: 항법 좌표계 Y축

303: 항법 좌표계 Z축

310: 동체 좌표계

311: 동체 좌표계 X축

312: 동체 좌표계 Y축

313: 동체 좌표계 Z축

404: 지표면과 평행면

405: 지면의 경사각

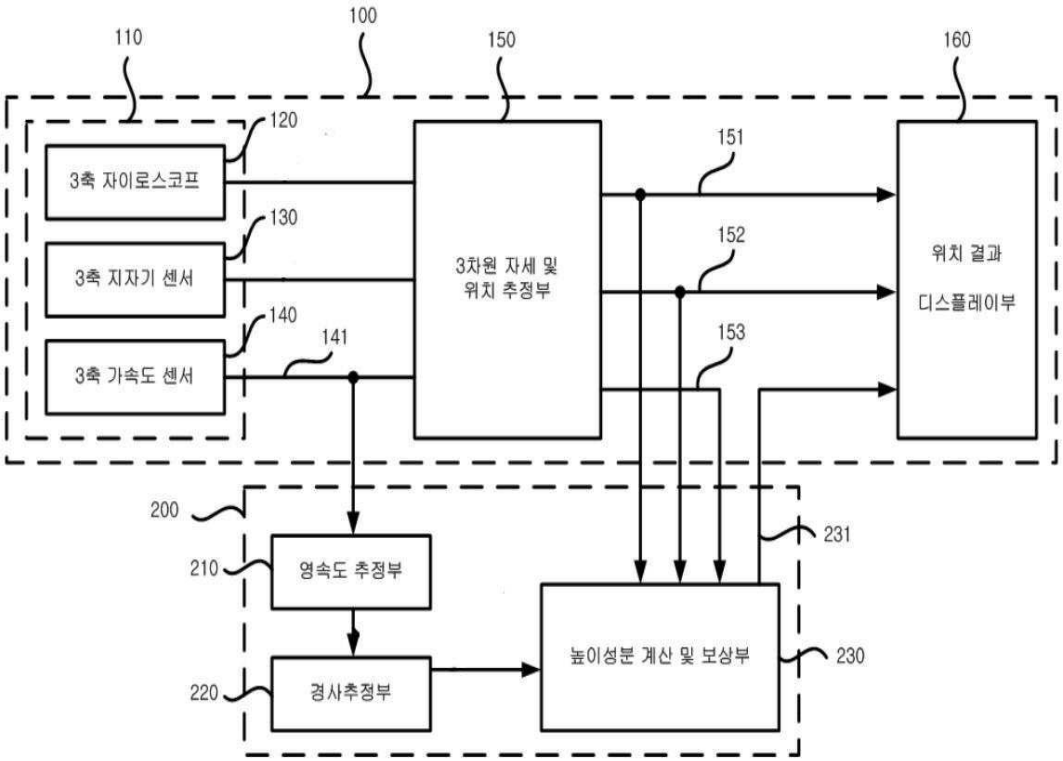
411: 항법 좌표계 X, Y축 상의 이동거리

412: 항법 좌표계 Z축 상의 이동거리

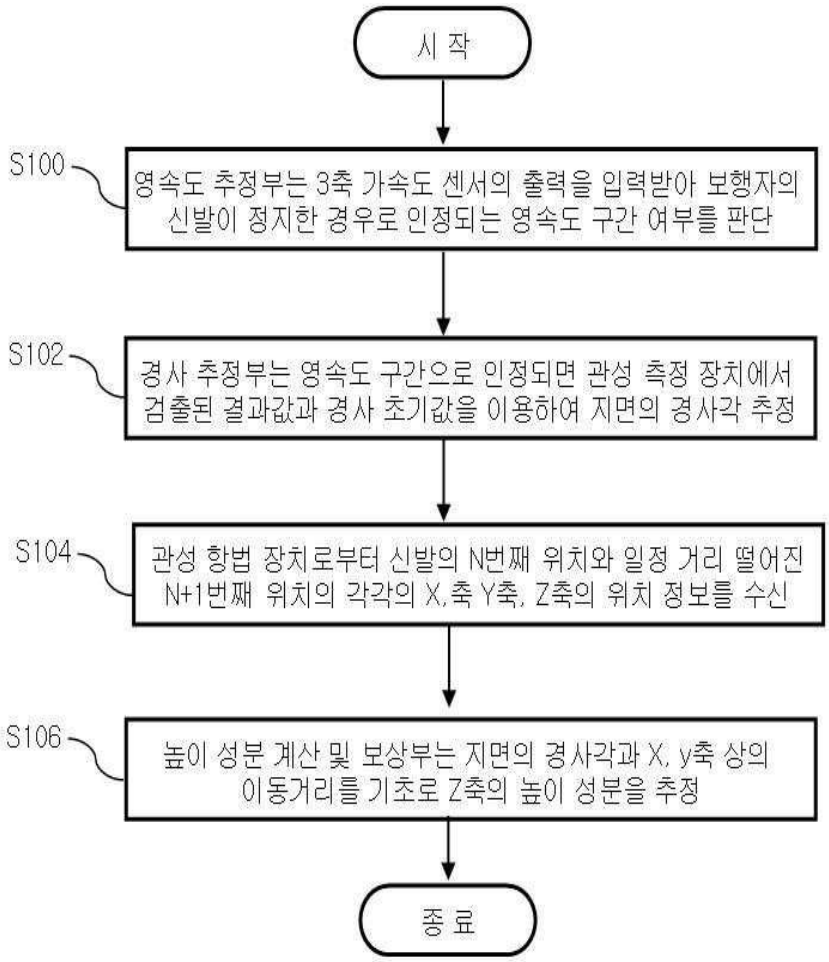
413: r_{k2} 시간의 신발의 위치 데이터

도면

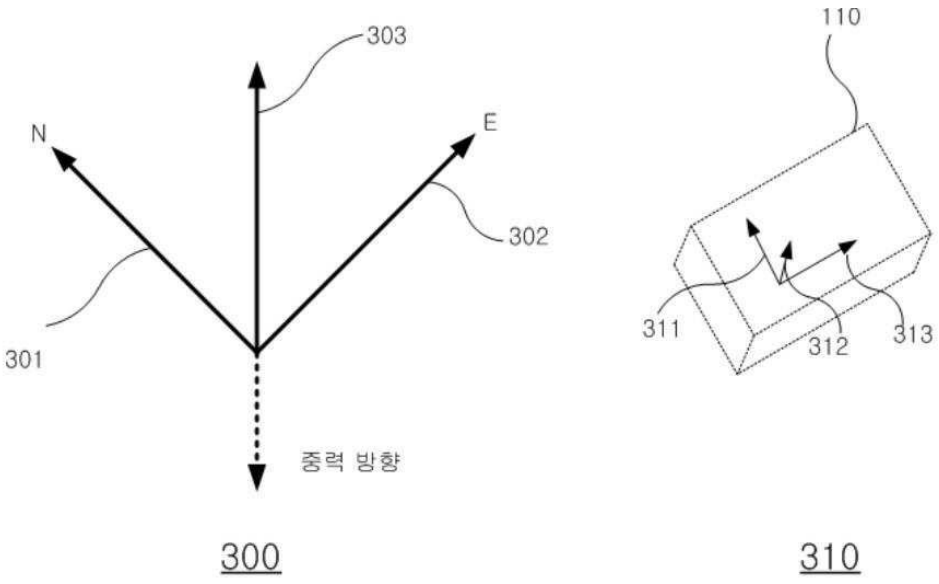
도면1



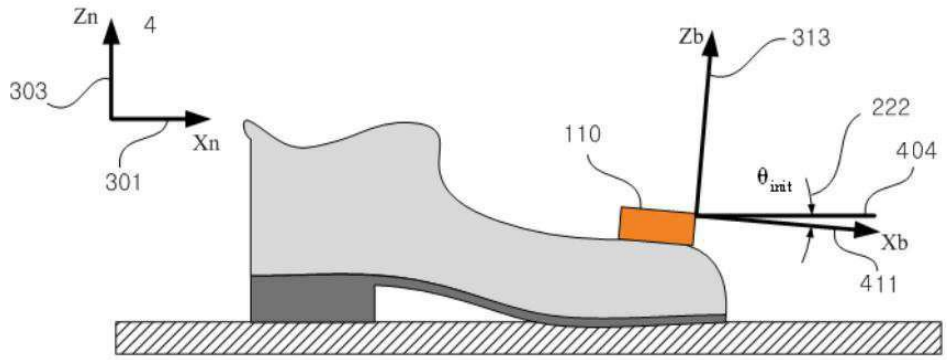
도면2


시 작
S100
영속도 추정부는 3축 가속도 센서의 출력을 입력받아 보행자의 신발이 정지한 경우로 인정되는 영속도 구간 여부를 판단
S102
경사 추정부는 영속도 구간으로 인정되면 관성 측정 장치에서 검출된 결과값과 경사 초기값을 이용하여 지면의 경사각 추정
S104
관성 항법 장치로부터 신발의 N번째 위치와 일정 거리 떨어진 N+1번째 위치의 각각의 X,축 Y축, Z축의 위치 정보를 수신
S106
높이 성분 계산 및 보상부는 지면의 경사각과 X, y축 상의 이동거리를 기초로 Z축의 높이 성분을 추정
종 료

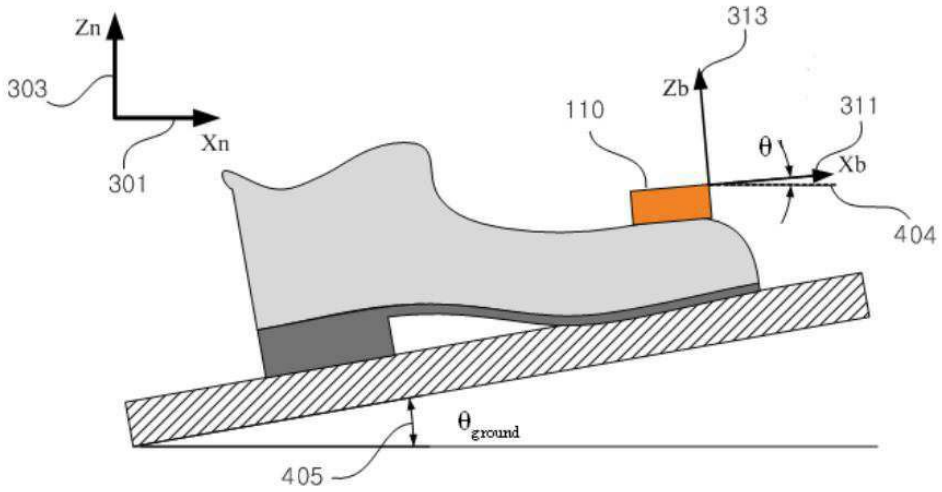
도면3


303
N
E
302
301
중력 방향
300
110
311
312
313
310

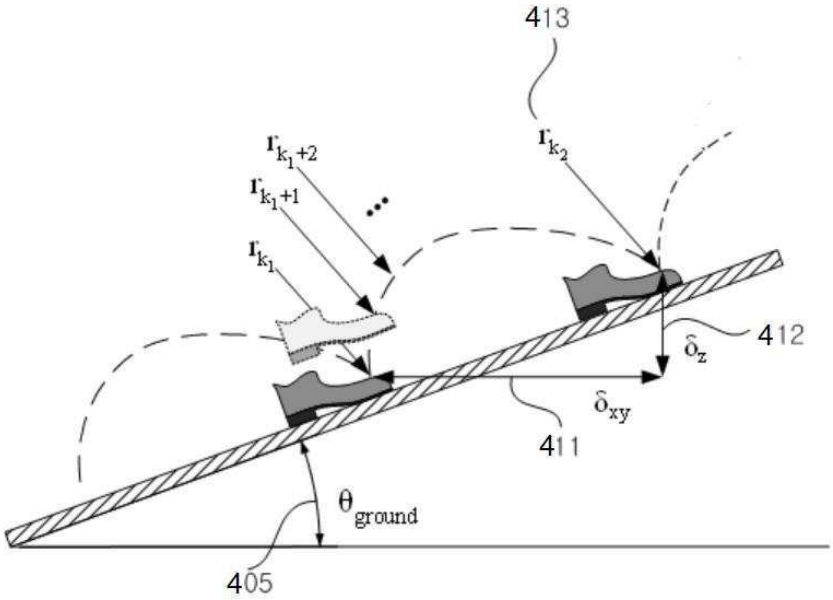
도면4


Zn
4
303
Xn
301
Zb
313
222
110
404
θinit
Xb
411

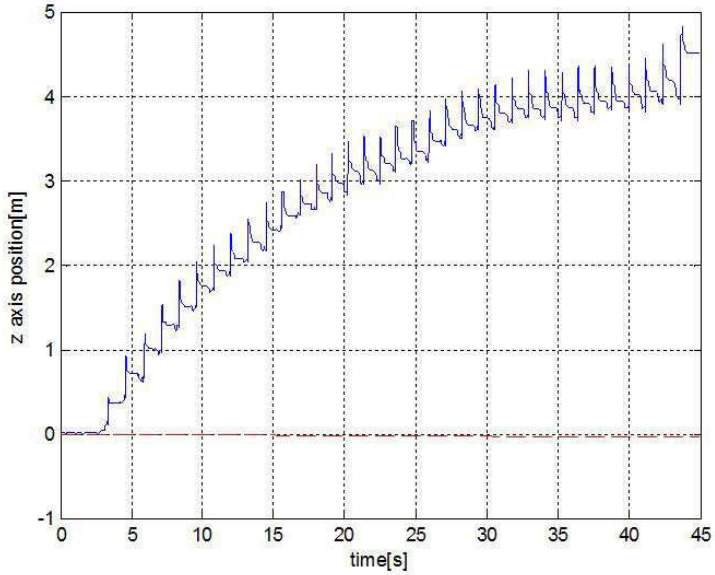
도면5


Zn
303
Xn
301
313
Zb
110
311
θ
Xb
404
θground
405

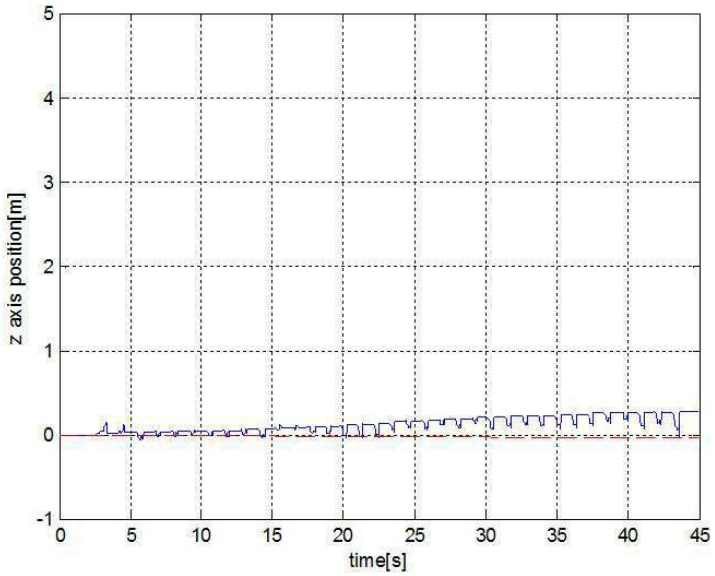
도면6


413
rk2
rk1+2
rk1+1
rk1
412
δz
δxy
411
θground
405

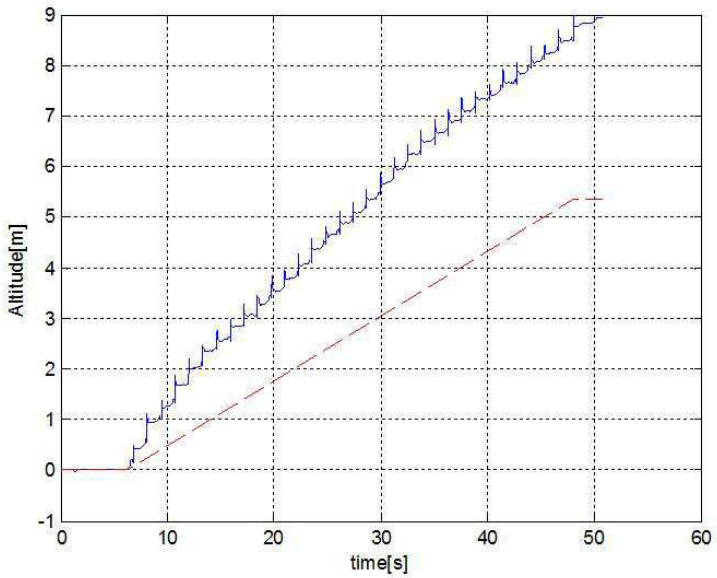
도면7


z axis position[m]
time[s]
5
4
3
2
1
0
-1
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

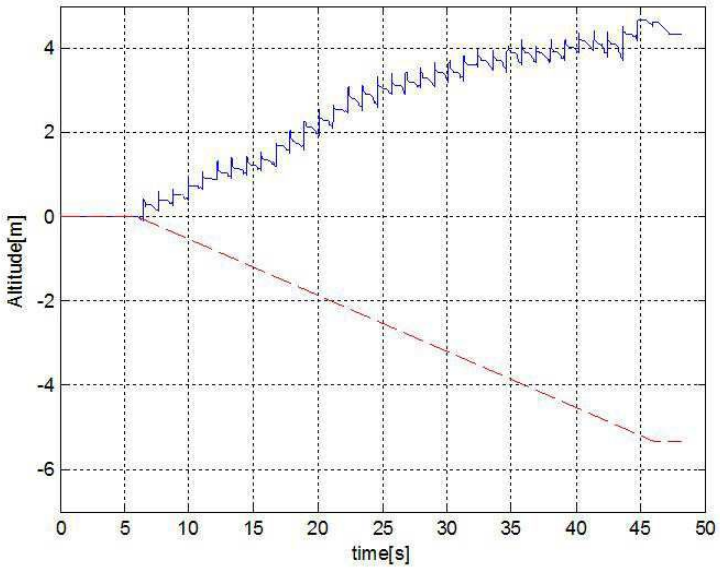
도면8


z axis position[m]
time[s]
5
4
3
2
1
0
-1
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45

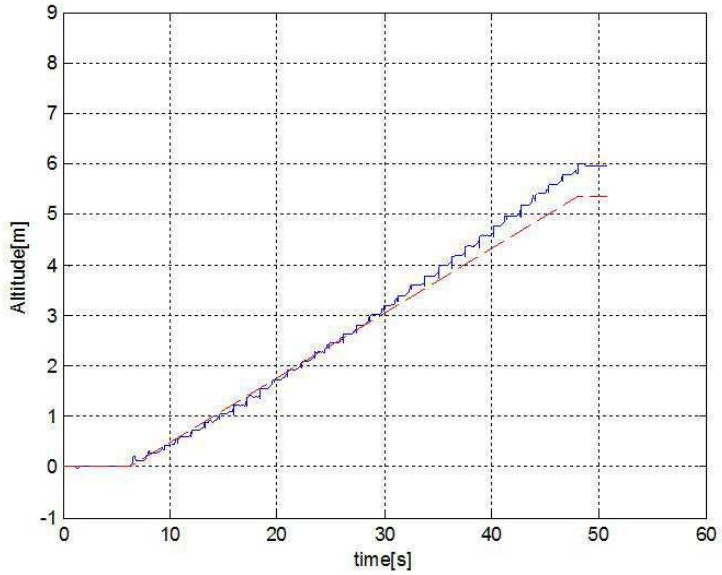
도면9


Altitude[m]
time[s]
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
0
10
20
30
40
50
60

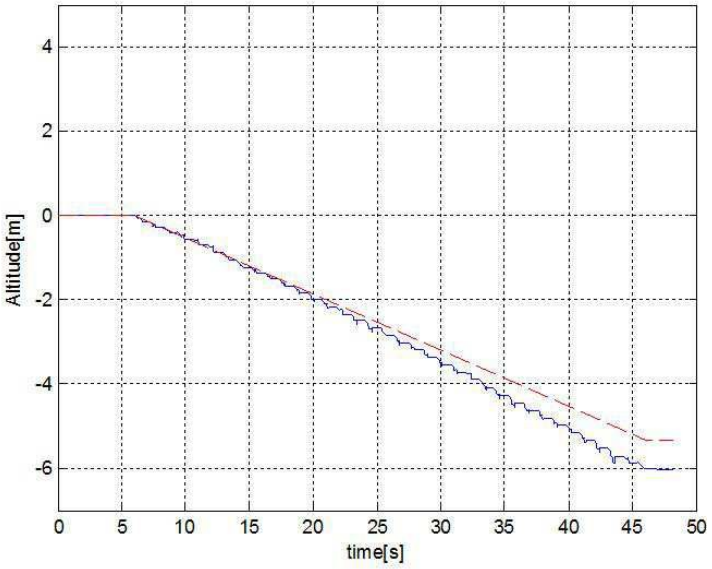
도면10


Altitude[m]
time[s]
4
2
0
-2
-4
-6
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

도면11


Altitude[m]
time[s]
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
-1
0
10
20
30
40
50
60

도면12


Altitude[m]
time[s]
4
2
0
-2
-4
-6
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50