



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월04일

(11) 등록번호 10-2212333

(24) 등록일자 2021년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01C 21/16 (2006.01) G01C 22/00 (2006.01)

G01P 15/14 (2006.01) G06F 17/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01C 21/16 (2020.08)

G01C 22/006 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0102747

(22) 출원일자 2019년08월22일

심사청구일자 2019년08월22일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020160040042 A*

KR1020170102706 A*

KR1020180010626 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 인포웍스

서울특별시 금천구 디지털로9길 33, 606호, 1105호, 1106호, 1107호(가산동, 아이티미래타워)

(72) 발명자

박현주

서울특별시 관악구 호암로 535 (신림동)

(74) 대리인

김창덕

전체 청구항 수 : 총 7 항

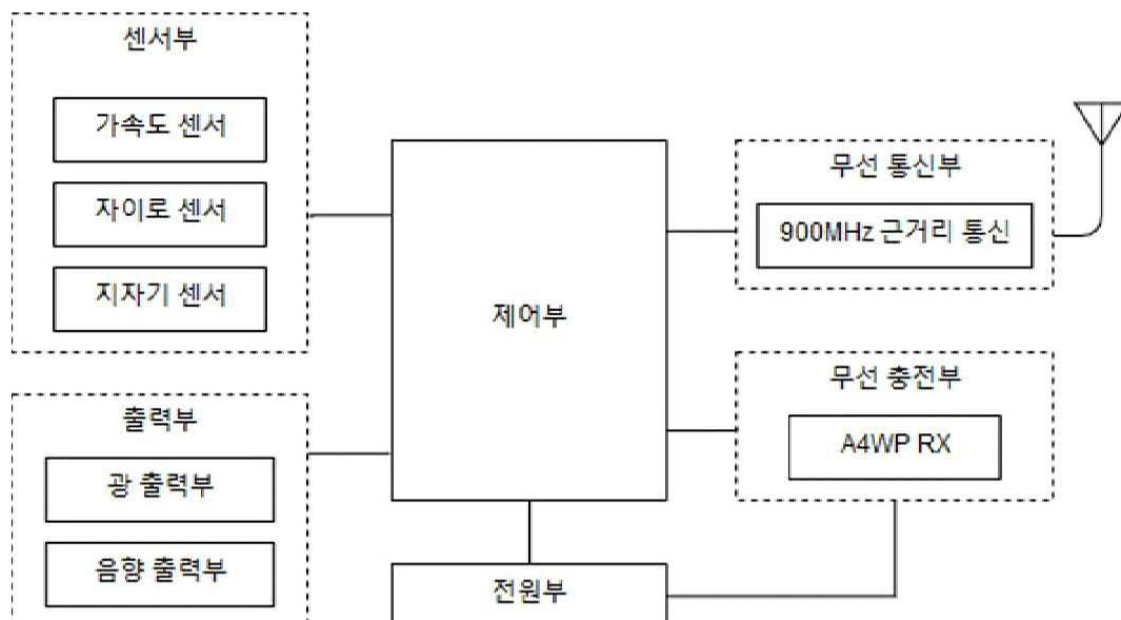
심사관 : 이세경

(54) 발명의 명칭 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템

(57) 요약

본 발명은 보행자 위치 추정 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 센서 모듈을 이용한 관성 항법 측정 방식이 적용된 보행자 위치 추정 기술과 관성 및 자기 센서를 이용하여 3D 자세 추정 과정에서 발생하는 자기 교란에 의한 추정 오차를 보상하는 기술을 적용하여 이를 통해 GPS 등으로 추정하기 어려운 실내 보행자의 위치를 추

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1

정하고, 추정함에 있어 오차가 최소화될 수 있는 방법을 적용한 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 관한 것이다.

이를 위해 본 발명은, 3차원 자세추정을 위한 가속도를 계측하는 가속도 센서, 관성력을 계측하는 자이로 센서 및 지자기를 계측하여 자기교란을 보상하기 위한 지자기 센서 중 적어도 어느 하나 이상을 갖는 센서부를 통해 수신한 센싱 정보로부터 틸트, 가속도, 헤딩 및 자기교란 중 적어도 어느 하나 이상의 보행정보를 추정하기 위한 센서 처리모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 대한 오차를 확장 칼만 필터를 통해 보정하기 위한 오차 보정 모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보로부터 보행 자세를 추정하기 위한 자세 결정모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 의해 보행 걸음을 검출하고, 검출된 걸음 및 가속도를 통해 움직인 거리를 추정하며, 오차 보정 모듈을 통해 거리 오차를 보정하여 보행 위치 정보를 생성하기 위한 위치 결정 모듈을 구비하는 제어부를 포함하는 스마트 신발과; 상기 스마트 신발과 통신하면서 지속적으로 보행 자세 및 보행 위치 정보를 수신하기 위한 보행자 단말기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

G01P 15/14 (2013.01)

G01S 19/49 (2021.01)

G06F 17/16 (2013.01)

H04W 64/006 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019-0-01325
부처명	소방청
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	긴급구조용 지능형 정밀측위 다부처 협력 사업
연구과제명	재난현장 무선통신 추적기반 요구조자 및 소방관 위치정보시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)디비콤
연구기간	2019.04.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

3차원 자세추정을 위한 가속도를 측정하는 가속도 센서, 관성력을 측정하는 자이로 센서 및 지자기를 측정하여 자기교란을 보상하기 위한 지자기 센서 중 적어도 어느 하나 이상을 갖는 센서부를 통해 수신한 센싱 정보로부터 틸트, 가속도, 헤딩 및 자기교란 중 적어도 어느 하나 이상의 보행정보를 추정하기 위한 센서 처리모듈과,

상기 센서 처리모듈의 보행정보에 대한 오차를 확장 칼만 필터를 통해 보정하기 위한 오차 보정 모듈과,

상기 센서 처리모듈의 보행정보로부터 보행 자세를 추정하기 위한 자세 결정모듈과,

상기 센서 처리모듈의 보행정보에 의해 보행 걸음을 검출하고, 검출된 걸음 및 가속도를 통해 움직인 거리를 추정하며, 오차 보정 모듈을 통해 거리 오차를 보정하여 보행 위치 정보를 생성하기 위한 위치 결정 모듈을 구비하는 제어부를 포함하는 스마트 신발과;

상기 스마트 신발과 통신하면서 지속적으로 보행 자세 및 보행 위치 정보를 수신하기 위한 보행자 단말기;를 포함하며,

상기 센서 처리모듈은 가속도 센서 및 자이로 센서를 이용하여 틸트 및 가속도를 추정하기 위한 진행모델을 구성하는 틸트 및 가속도 추정모듈을 포함하고,

상기 진행모델은 하기 수학식 1 상태벡터($X_{1,k}$)에 의해 틸트 및 가속도 벡터로 구성되고, 수학식 2 측정벡터($Z_{1,k}$)에 의해 가속도 센서 신호로 정의되어 수학식 3에 의해 틸트 및 가속도를 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

$$\text{수학식 1: } X_{1,k} = \begin{bmatrix} {}^sZ_k \\ {}^sa_k \end{bmatrix}$$

$$\text{수학식 2: } Z_{1,k} = S_{A,k}$$

$$\text{수학식 3: } {}^sZ_k = (I - h[S_{G,k-1} \times]) {}^sZ_{k-1} - h[{}^sZ_{k-1} \times]n_G$$

$${}^sa_k = c_a {}^sa_{k-1} + \varepsilon_{a,k}$$

(여기서, c_a 는 가속도 모델 파라미터이고, $\varepsilon_{a,k}$ 는 가속도 모델 잡음임)

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 센서 처리모듈은 자이로 센서 및 지자기 센서를 이용하여 헤딩 및 자기교란을 추정하기 위한 측정모델을 구성하는 헤딩 및 자기교란 추정모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

청구항 4

삭제

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 측정모델은 하기 수학식 4 상태벡터($X_{2,k}$)에 의해 헤딩 및 자기교란 벡터로 구성되고, 수학식 5 측정벡터($Z_{2,k}$)에 의해 지자기 센서 신호로 정의되어 수학식 6에 의해 헤딩 및 자기교란을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

수학식 4:
$$X_{2,k} = \begin{bmatrix} {}^sX_k \\ {}^sd_k \end{bmatrix}$$

수학식 5:
$$Z_{2,k} = S_{M,k}$$

수학식 6:
$${}^sX_k = (I - h[s_{G,k-1} \times]) {}^sX_{k-1} - h[{}^sX_{k-1} \times] n_G$$

$${}^sd_k = c_d {}^sd_k + \epsilon_{d,k}$$

(여기서, c_d 는 자기교란 모델 파라미터이고, $\epsilon_{d,k}$ 는 자기교란모델 잡음임)

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 자세 결정모델은 하기 수학식 7 칼만필터($X_{2,k}, Z_{2,k}$)을 통해 수학식 8이 추정되면, 수학식 9에 의해 완성된 수학식 10 3D 보행 자세행렬(${}^sR$)로 3D 자세 추정을 하는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

수학식 7:
$$X_{2,k} = F_{2,k-1} X_{2,k-1} + w_{2,k-1}$$

$$Z_{2,k} = H_{2,k} X_{2,k} + v_{2,k}$$

수학식 8:
$${}^sZ = {}^sZ_I, {}^sX = {}^sX_I$$

수학식 9:
$$Y_I = {}^sZ_I \times {}^sX_I, {}^sX_I = {}^sY_I \times {}^sZ_I$$

수학식 10:
$${}^sR = [{}^sX_I {}^sY_I {}^sZ_I]$$

(여기서, $F_{2,k-1}$ 는 전이행렬이고, $w_{2,k-1}$ 는 화이트 가우시안 진행 잡음이고, $H_{2,k}$ 는 관측행렬이고, $v_{2,k}$ 는 공분산 행렬을 갖는 화이트 가우시안 측정 잡음임)

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는 자기공진 방식으로 전원을 무선 충전하기 위한 무선 충전부와 연동되는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 무선 충전부는 근거리 RF 통신을 통해 무선으로 전력을 수신하기 위한 PRU(Power Receiver Unit)를 구비하

고, 상기 PRU는 PTU(Power Transmitter Unit)로부터 근거리에서 전력을 공급받는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 PRU는 정류기와 일정한 전압을 유지시켜주는 레귤레이터를 거쳐 배터리에 맞는 정격 전압을 생성하고, 근거리 RF 통신을 통해 PTU에 상태정보를 송신하는 것을 특징으로 하는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보행자 위치 추정 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 센서 모듈을 이용한 관성 항법 측정 방식이 적용된 보행자 위치 추정 기술과 관성 및 자기 센서를 이용하여 3D 자세 추정 과정에서 발생하는 자기 교란에 의한 추정 오차를 보상하는 기술을 적용하여 이를 통해 GPS 등으로 추정하기 어려운 실내 보행자의 위치를 추정하고, 추정함에 있어 오차가 최소화될 수 있는 방법을 적용한 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, PDR(Pedestrian Dead Reckoning, 보행 항법) 기술분야에서 기존 PDR의 보행자 위치 추정 시스템의 경우 가속도 및 관성 센서를 사용하여 자세를 추정하고 있다. 상기 기술은 가속도계가 포함하는 중력 가속도 성분을 이용하여 자세의 수직방향 성분(roll/pitch)을 검출 및 보정이 가능하다. 그러나 기존의 PDR의 경우 자기 교란의 문제로 인해 자기 센서를 사용하지 않는다.

[0005] 보다 구체적으로, 자기 센서는 지구 자기장 벡터를 이용하여 수평방향성분(yaw)의 위치 추정을 가능하게 한다. 이를 통해 보행자의 방향(Heading Direction)에 대한 업데이트도 가능하게 하고 있다.

[0007] 따라서, 기존에 PDR과 같이 자기 센서를 사용하지 않고 가속도 및 관성 센서만 사용하게 될 경우 보행자의 방향(Heading Direction)을 초기에 설정을 해야 하며, 이를 위해 PDR 시스템 사용 시 초기 동작의 조건 등과 같은 제약이 뒤따른다.

[0008]

[0009] 그럼에도, 종래 기술에서 자기 센서를 사용하지 못했던 이유는 실내에서 9축 센서를 사용하여 지구자기장을 측정할 때 실내의 전자기 발생으로 인한 자기교란이 일어나기 때문에 보행자의 방향 추정에 오차가 발생하여서 사용하지 못하였다.

[0011] 또한, 기존의 스마트 신발의 경우 건전지 교환식 또는 유선 충전식으로 구성되어 있어서 이는 전력 송신부 코일에서 자기장을 발생시켜 그 자기장의 영향으로 수신부 코일에서 전기가 유도되는 전자기유도 원리를 이용하여 충전하는 자기유도 방식을 사용한 무선충전 방식의 경우 충전 거리가 짧아 신발 내부에 충전회로를 구성하기 어려운 문제점이 존재하기 때문에 이를 해결하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1512638호

(특허문헌 0002) 대한민국 등록특허공보 제10-1452373호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, GPS 등으로 추정하기 어려운 실내 보행자의 위치를 추정하고, 보행자 위치를 추정함에 있어 오차가 최소화될 수 있도록 하고, 송신부 코일에서 공진 주파수로 진동하는 자기장을 생성하여 동일한 공진주파수로 설계된 수신부 코일에만 에너지가 집중적으로 전달 되는 자기공진 무선 충전방식을 신발에 적용한 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 3차원 자세추정을 위한 가속도를 계측하는 가속도 센서, 관성력을 계측하는 자이로 센서 및 지자기를 계측하여 자기교란을 보상하기 위한 지자기 센서 중 적어도 어느 하나 이상을 갖는 센서부를 통해 수신한 센싱 정보로부터 틸트, 가속도, 헤딩 및 자기교란 중 적어도 어느 하나 이상의 보행 정보를 추정하기 위한 센서 처리모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 대한 오차를 확장 칼만 필터를 통해 보정하기 위한 오차 보정 모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보로부터 보행 자세를 추정하기 위한 자세 결정 모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 의해 보행 걸음을 검출하고, 검출된 걸음 및 가속도를 통해 움직인 거리를 추정하며, 오차 보정 모듈을 통해 거리 오차를 보정하여 보행 위치 정보를 생성하기 위한 위치 결정 모듈을 구비하는 제어부를 포함하는 스마트 신발과; 상기 스마트 신발과 통신하면서 지속적으로 보행 자세 및 보행 위치 정보를 수신하기 위한 보행자 단말기;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 여기서, 상기 센서 처리모듈은 가속도 센서 및 자이로 센서를 이용하여 틸트 및 가속도를 추정하기 위한 진행모델을 구성하는 틸트 및 가속도 추정모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 상기 센서 처리모듈은 자이로 센서 및 지자기 센서를 이용하여 헤딩 및 자기교란을 추정하기 위한 측정모델을 구성하는 헤딩 및 자기교란 추정모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 더욱 상세하게, 상기 진행모델은 하기 수학적식 1 상태벡터($X_{1,k}$)에 의해 틸트 및 가속도 벡터로 구성되고, 수학적식 2 측정벡터($Z_{1,k}$)에 의해 가속도 센서 신호로 정의되어 수학적식 3에 의해 틸트 및 가속도를 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 수학적식 1:
$$X_{1,k} = \begin{bmatrix} {}^sZ_k \\ {}^sa_k \end{bmatrix}$$

[0025] 수학적식 2: $Z_{1,k} = S_{A,k}$

[0026] 수학적식 3: ${}^sZ_k = (I - h[S_{G,k-1} \times]) {}^sZ_{k-1} - h[{}^sZ_{k-1} \times]n_G$

[0027]
$${}^sa_k = c_a {}^sa_{k-1} + \varepsilon_{a,k}$$

[0028] (여기서, c_a 는 가속도 모델 파라미터이고, $\varepsilon_{a,k}$ 는 가속도 모델 잡음임)

[0030] 보다 구체적으로, 상기 측정모델은 하기 수학적식 4 상태벡터($X_{2,k}$)에 의해 헤딩 및 자기교란 벡터로 구성되고, 수학적식 5 측정벡터($Z_{2,k}$)에 의해 지자기 센서 신호로 정의되어 수학적식 6에 의해 헤딩 및 자기교란을 추정하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0032] 수학적식 4:
$$X_{2,k} = \begin{bmatrix} {}^sX_k \\ {}^sd_k \end{bmatrix}$$

[0033] 수학적식 5: $Z_{2,k} = S_{M,k}$

[0034] 수학적식 6: ${}^sX_k = (I - h[s_{G,k-1} \times]) {}^sX_{k-1} - h[{}^sX_{k-1} \times]n_G$

[0035]
$${}^sd_k = c_d {}^sd_k + \varepsilon_{d,k}$$

- [0036] (여기서, c_d 는 자기교란 모델 파라미터이고, $\epsilon_{d,k}$ 는 자기교란모델 잡음임)
- [0038] 또한, 상기 자세 결정모듈은 하기 수학적식 7 칼만필터($X_{2,k}, Z_{2,k}$)을 통해 수학적식 8이 추정되면, 수학적식 9에 의해 완성된 수학적식 10 3D 보행 자세행렬(${}^S R$)로 3D 자세 추정을 하는 것을 특징으로 한다.
- [0040] 수학적식 7: $X_{2,k} = F_{2,k-1} X_{2,k-1} + w_{2,k-1}$
- [0041] $Z_{2,k} = H_{2,k} X_{2,k} + v_{2,k}$
- [0042] 수학적식 8: ${}^S Z = {}^S Z_I, {}^S X = {}^S X_I$
- [0043] 수학적식 9: $Y_I = {}^S Z_I \times {}^S X_I, {}^S X_I = {}^S Y_I \times {}^S Z_I$
- [0044] 수학적식 10: ${}^S R = [{}^S X_I {}^S Y_I {}^S Z_I]$
- [0045] (여기서, $F_{2,k-1}$ 는 전이행렬이고, $w_{2,k-1}$ 는 화이트 가우시안 진행 잡음이고, $H_{2,k}$ 는 관측행렬이고, $v_{2,k}$ 는 공분산 행렬을 갖는 화이트 가우시안 측정 잡음임)
- [0047] 또한, 상기 제어부는 자기공진 방식으로 전원을 무선 충전하기 위한 무선 충전부와 연동되는 것을 특징으로 한다.
- [0049] 또한, 상기 무선 충전부는 근거리 RF 통신을 통해 무선으로 전력을 수신하기 위한 PRU(Power Receiver Unit)를 구비하고, 상기 PRU는 PTU(Power Transmitter Unit)로부터 근거리에서 전력을 공급받는 것을 특징한다.
- [0051] 보다 구체적으로, 상기 PRU는 정류기와 일정한 전압을 유지시켜주는 레귤레이터를 거쳐 배터리에 맞는 정격 전압을 생성하고, 근거리 RF 통신을 통해 PTU에 상태정보를 송신하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0053] 이상과 같은 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템은 스마트 신발 단독으로 실내 보행자 위치 추정 가능하고, 자기 센서를 이용하여 수평방향 성분(yaw)의 위치를 보정 가능하게 하고, 이를 통해 보행자의 방향(Heading Direction)에 대한 실시간 보정도 가능하게 한다.
- [0055] 또한, 정확한 자세 추정을 통해 전자기파가 갖는 특성을 이용하여 위치를 제거나 위치에 관한 정보를 얻는 측위에 대한 오차를 줄일 수 있다.
- [0057] 송신부 코일에서 공진주파수로 진동하는 자기장을 생성하여 동일한 공진주파수로 설계된 수신부 코일에만 에너지가 집중적으로 전달되는 방식을 이용하여 신발에 자기공진 방식으로 무선 충전할 수 있는 기능을 부여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0059] 도 1은 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 구성을 도시한 도면
- 도 2는 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 보행자 단말기와 스마트 신발 간 동작을 도시한 도면
- 도 3은 본 발명에 따른 자기공진 방식의 무선 충전에 따른 PTU(Power Transmitter Unit)와 스마트 신발 간 동작을 도시한 도면
- 도 4는 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 동작을 도시한 도면
- 도 5는 본 발명에 따른 자기공진 방식 무선충전(A4WP)의 동작을 도시한 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0060] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석 되어야만 한다.

- [0062] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0064] 이하, 도면을 참조로 하여 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 구성을 도시한 도면을 설명하기로 한다.
- [0066] 도 1은 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0068] 도 1을 참조하면, 본 발명은 기본적으로 센서부, 출력부, 제어부, 전원부, 무선 통신부, 무선 충전부를 포함하여 구성된다.
- [0070] 이하에서는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템의 구성에 관련된 구체적인 사항에 대해 살펴보기로 한다.
- [0072] 본 발명은 기본적으로 3차원 자세추정을 위한 가속도를 측정하는 가속도 센서, 관성력을 측정하는 자이로 센서 및 지자기를 측정하여 자기교란을 보상하기 위한 지자기 센서 중 적어도 어느 하나 이상을 갖는 센서부를 통해 수신한 센싱 정보로부터 틸트, 가속도, 헤딩 및 자기교란 중 적어도 어느 하나 이상의 보행정보를 추정하기 위한 센서 처리모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 대한 오차를 확장 칼만 필터를 통해 보정하기 위한 오차 보정 모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보로부터 보행 자세를 추정하기 위한 자세 결정모듈과, 상기 센서 처리모듈의 보행정보에 의해 보행 걸음을 검출하고, 검출된 걸음 및 가속도를 통해 움직인 거리를 추정하며, 오차 보정 모듈을 통해 거리 오차를 보정하여 보행 위치 정보를 생성하기 위한 위치 결정 모듈을 구비하는 제어부를 포함하고, 상기 제어부는 자기공진 방식으로 전원을 무선 충전하기 위한 무선 충전부와 연동되는 것을 특징으로 하며, 스마트 신발과 상기 스마트 신발과 통신하면서 지속적으로 보행 자세 및 보행 위치 정보를 수신하기 위한 보행자 단말기를 포함하고 있다.
- [0074] 보다 구체적으로, 센서부는 예로써 9축 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System) 센서로 가속도, 자이로, 지자기 센서로 구성되어 있다. 여기서, 9축 센서는 3축 가속도 센서와 3축 자이로스코프로 이루어진 자이로 센서로 구성된 6축 관성 센서에 3축 지자기 센서(magnetometer)를 더 결합한 것이다.
- [0076] 또한, 제어부는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템의 센서부, 출력부, 전원부, 무선 통신부, 무선 충전부의 기능을 제어하는 역할을 한다. 전원부는 상기 시스템의 전원을 제어하고, 무선 통신부는 근거리 RF 통신으로 900MHz 사물인터넷 용 주파수 대역을 사용하여 스마트 신발에 보행 자세 및 보행 위치 정보를 단말기가 지속적으로 수신 및 확인하도록 해준다. 여기서, 무선 충전부는 자기공진 방식으로 스마트 신발의 전원을 무선 충전하기 위한 수신부(Rx) 모듈을 포함하고 있고, 근거리 RF 통신을 통해 무선으로 전력을 수신하기 위한 PRU(Power Receiver Unit)를 구비하고, PRU는 PTU(Power Transmitter Unit)로부터 근거리에서 전력을 공급받는다. 또한, 출력부는 상기 시스템의 상태를 나타내기 위한 광 출력부와 음향 출력부로 구성되어 있다.
- [0078] 도 2는 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 보행자 단말기와 스마트 신발 간 동작을 도시한 도면이다.
- [0080] 이하에서는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 보행자 단말기와 스마트 신발 간 동작에 관련된 구체적인 사항에 대해 살펴보기로 한다.
- [0082] 보다 구체적으로, 보행자 단말기가 스마트 신발에 Start 신호를 전송하면, 신호를 전송받은 스마트 신발은 Sleep 모드에서 Wake Up 모드로 전환이 되고, 스마트 신발은 보행자의 방향(Heading Direction)에 대한 정보와 초기 위치에 대한 좌표를 단말기로 전송한다. 그 다음, 스마트 신발은 보행자가 걸을 때마다 추정된 위치 좌표 및 새로운 보행자의 방향에 대한 정보를 계속해서 단말기로 전송한다. 그와 동시에 정보와 좌표를 전송받은 단말기는 계속해서 위치정보를 업데이트를 해나간다. 마지막으로, 단말기에서 스마트 신발로 Stop 신호를 전송하면, 신호를 전송받은 스마트 신발은 단말기에게 Stop 신호에 대해 정상적으로 수신되었음을 확인 응답을 하는 ACK 신호를 전송과 동시에 Sleep 모드로 전환이 된다.
- [0084] 또한, 상기 보행자 단말기는 온라인 네트워크상에서 접속하여 스마트 신발과 관련된 정보를 상호간에 송수신하기 위한 것으로, 여기서 단말기는 태블릿, 넷북, PDA(personal digital assistant), PMP(portable multimedia player), 스마트폰, 웨어러블 스마트 기기 등의 다양한 통신 수단을 포함하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0086] 도 3은 본 발명에 따른 자기공진 방식의 무선 충전에 따른 PTU(Power Transmitter Unit)와 스마트 신발 간 동작

을 도시한 도면이다

- [0088] 이하에서는 자기공진 방식의 무선 충전에 따른 PTU와 스마트 신발 간 동작에 관련된 구체적인 사항에 대해 살펴보기로 한다.
- [0090] 보다 구체적으로, PTU는 스마트 신발의 PRU(Power Receiver Unit)에 ON 신호를 송신하면 스마트 신발은 sleep 모드에서 Wake up 모드로 전환이 되고, 배터리 잔량을 확인한 후 Charge 모드로 변경이 된다. 그 다음, 스마트 신발은 PTU에 Charge Ready 신호를 송신하고, PTU는 스마트 신발의 PRU에게 배터리가 완충 될 때까지 전력을 공급하여 충전을 계속해 나간다. 그 후, 스마트 신발은 배터리가 완충 되면 PRU는 PTU에게 Charge Complete 신호를 송신하고 Sleep 모드로 전환이 된다.
- [0092] 도 4는 본 발명에 따른 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 동작을 도시한 도면이다.
- [0094] 이하에서는 자기교란 보상이 적용된 보행자 위치 추정 시스템에 따른 동작에 관련된 구체적인 사항에 대해 살펴보기로 한다.
- [0096] 도 4를 참조하면, 상기 시스템은 기본적으로 가속도 센서, 자이로 센서 및 지자기 센서를 포함하고 있는 센서와, 틸트 및 가속도 추정모듈 및 헤딩 및 자기교란 추정모듈을 포함하고 있는 센서 처리모듈과, 걸음 검출모듈 및 관성 항법 시스템을 포함하고 있는 위치 결정모듈과, 자세결정 모듈, 오차 보정모듈을 포함하여 구성된다.
- [0098] 보다 구체적으로, 상기 시스템에서 센서는 9축 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 센서로 가속도, 자이로, 지자기 센서로 구성되어 있다. 여기서, 9축 센서는 3축 가속도 센서와 3축 자이로스코프로 이루어진 자이로 센서로 구성된 6축 관성 센서에 3축 지자기 센서(magnetometer)를 더 결합한 것이다.
- [0100] 여기서, 6축 관성센서에 3축 지자기센서가 결합하는 이유는 이를 통해 3차원 자세추정이 가능하기 때문이다. 9축 관성/자기센서기반 3차원 자세 추정의 기본개념은 우선 3축 자이로스코프 신호를 스트랩다운(strapdown) 적분하여 자세를 추측한다. 이때 적분경과에 따라 누적되는 표류오차(drift)를 보정하기 위해서, 가속도계 신호가 포함하는 중력가속도 성분을 이용하여 자세의 수직방향성분 즉, 롤(roll)과 피치(pitch)를 보정하고, 지자기센서가 감지하는 지구자기장 벡터를 이용하여 수평방향성분 즉, 요(yaw)를 보정하는 것이다.
- [0102] 하지만, 관성/자기센서를 이용한 자세추정시 추정 정확도를 저하시키는 두 가지 요소가 있다. 첫째, 가속도 센서에 의한 신호가 중력가속도의 지배받는 경우는 (준)정적조건에 한하며, 동적조건인 경우 가속도계신호는 중력가속도에 센서가속도가 더해지며 이 둘은 구분되지 않는다. 두 번째, 지자기 센서는 순수 지구 자기장뿐 아니라, 센서 주위의 모든 자기장에 반응한다. 그러므로 센서가 자기적으로 균등한(magnetically homogeneous) 환경에서 운용되는 경우가 아니라면 지자기 센서 신호는 지구 자기장에 자기교란(magnetic disturbance) 성분이 더해지며 이 둘 역시 구분되지 않는다. 따라서, 정확한 자세추정을 위해선 반드시 이 두 가지 요소를 고려해야 한다.
- [0104] 더욱 상세하게, 자기교란을 보상하기 위해 가장 일반적으로 사용되는 방법은 자기조건에 따라 칼만필터의 측정 잡음 공분산행렬(measurement noise covariance matrix) 또는 보정에 사용되는 벡터를 변경하는 것이다. 하지만 이들 방식은 자기교란 벡터를 직접적으로 추정하지 않는다. 다시 말해, 자기교란을 자세추정의 정확성을 저하시키는 요소라는 점에서 접근할 뿐, 해당 물리량 자체의 중요성은 고려하지 않는 방식이다. 하지만, 정확한 추정을 통해 특정 공간내 자기교란의 3차원 분포(spatial distribution of indoor magnetic disturbance)를 파악하는 것은 실내 보행자 위치 추적 등 활용도가 매우 크다. 상기 시스템은 9축 관성/자기센서 신호를 바탕으로 운동체의 자세가 지속적으로 변화하는 가운데 운동체 주변 자기교란을 정확히 추정하고, 이를 통해 자기교란 환경에서도 정확한 3차원 자세를 추정할 수 있는 병렬 칼만필터를 사용하고 있다.
- [0106] 보다 구체적으로, 상기 센서 처리모듈은 가속도/자이로 센서를 이용하여 틸드 및 가속도를 추정하여, 칼만필터를 사용한 진행모델을 구하고, 자이로/지자기 센서를 이용하여 헤딩 및 자기교란을 추정하여, 칼만필터를 사용한 측정모델을 구한다.
- [0108] 더욱 상세하게, 병렬 칼만필터는 9축 관성/자기센서를 구성하는 가속도계(A)는 $S_A = {}^s g + {}^s a + n_A$ 로 지자기센서(M)은 $S_M = {}^s m + {}^s d + n_M$ 로 자이로스코프(G)의 신호는 $S_G = {}^s \omega + n_G$ 로 모델링 될 수 있다. 여기서 g는 중력, a는 센서가속도, m은 국부자기장(local magnetic field vector), d는 자기교란(magnetic disturbance vector), ω 는 각속도이며, n들은 각 센서의 신호잡음이다. 좌측 윗첨자 S는 해당 벡터가 센서 좌표계(sensor

frame, S)에서 관측되었음을 의미한다. 이때 g 은 정수직 방향이지만, m 은 수평면과 복각(dip angle) α 만큼 파고드는 방향이다. 센서 좌표계에 상대적인 고정관성 좌표계(inertial reference frame, I)의 자세는 ${}^S R = [{}^S X_I \ {}^S Y_I \ {}^S Z_I]$ 와 같은 방향 코사인 행렬로 나타낼 수 있다. 여기서, 예를 들어 ${}^S X_I$ 는 I 좌표계의 X축 단위벡터를 S좌표계에서 관찰한 값이다. 이때 상향 수직 방향인 g 방향을 고정 좌표계의 Z축으로, m 을 수평면에 투영한 방향을 고정 좌표계의 X축으로 설정하고, 이렇게 설정된 관성 좌표계를 Y축으로 복각 α 만큼 회전시킨 좌표계 I'는 m 과 일치하는 X축을 갖게 된다. 따라서, ${}^S g = g \times {}^S Z_I$, ${}^S m = m \times {}^S X_{I'}$ 같은 식이 만족된다. 여기서, ${}^S Z_I$ 는 I의 벡터의 길이를 m 은 m 의 벡터의 길이를 말하고, 그리고 ${}^S Z_I$ 는 수직축에 대한 센서의 기울기(틸트)를 나타내며, ${}^S X_{I'}$ 는 센서의 진행방향(heading)을 의미하는 일종의 자세변수이다.

[0110] 또한, 자세 결정 모듈에서 3D 자세 추정을 위한 3D 자세행렬은 틸트 및 센서가속도용 칼만필터와 헤딩 및 자기교란용 칼만필터를 사용하여 구하고 있다.

[0112] 보다 구체적으로, 틸트 및 센서가속도용 칼만필터에서 상태벡터 $X_{1,k} = [{}^S Z_k \ {}^S a_k]$ 는 자세변수인 틸트벡터 ${}^S Z_k$ 와 센서가속도 ${}^S a_k$ 로 구성되며 측정벡터 $Z_{1,k} = S_{A,k}$ 는 가속도계 신호 $S_{A,k}$ 로 정의된다. 그리고 진행모델(process model)은 자이로신호 적분식 ${}^S Z_k = (I - h[S_{G,k-1} \times]) {}^S Z_{k-1} - h[{}^S Z_{k-1} \times] n_G$ 과 가속도모델식 ${}^S a_k = c_a {}^S a_{k-1} + \varepsilon_{a,k}$ 로 구성되며 여기서 h 는 시간적분크기, I 는 3 x 3 단위행렬이며 c_a 는 가속도모델 파라미터이며 $\varepsilon_{a,k}$ 는 가속도모델 잡음이다.

[0114] 이를 통해, $X_{1,k} = F_{1,k-1} X_{1,k-1} + w_{1,k-1}$, $Z_{1,k} = H_{1,k} X_{1,k} + v_{1,k}$ 칼만필터 식들이 도출된다. 여기서, $F_{1,k-1}$ 는 전이행렬(transient matrix), $w_{1,k-1}$ 는 공분산 행렬(covariance matrix)을 갖는 화이트 가우시안 진행 잡음(white Gaussian process noise), $H_{1,k}$ 는 관측행렬(observation matrix), $v_{1,k}$ 는 공분산 행렬을 갖는 화이트 가우시안 측정 잡음이다.

[0116] 또한, 헤딩 및 자기교란용 칼만필터에서 상태벡터 $X_{2,k} = [{}^S X_k \ {}^S d_k]$ 는 자세변수인 헤딩벡터 ${}^S X_k$ 와 자기교란 ${}^S d_k$ 로 구성되며 측정벡터는 $Z_{2,k} = S_{M,k}$ 로 구성되며 측정벡터 $Z_{2,k}$ 는 지자기 센서 신호 $S_{M,k}$ 로 정의된다. 그리고 측정모델(measurement model)은 이전 칼만필터 식인 자이로신호 적분식에 대응되는 ${}^S Z_k = (I - h[S_{G,k-1} \times]) {}^S Z_{k-1} - h[{}^S Z_{k-1} \times] n_G$ 와 ${}^S a_k = c_a {}^S a_{k-1} + \varepsilon_{a,k}$ 식으로 구성되며, 여기서 c_a 는 자기교란 모델 파라미터이며, $\varepsilon_{d,k}$ 는 자기교란 모델 잡음 잡음이다.

[0118] 이를 통해, $X_{2,k} = F_{2,k-1} X_{2,k-1} + w_{2,k-1}$, $Z_{2,k} = H_{2,k} X_{2,k} + v_{2,k}$ 칼만필터 식들이 도출된다. 여기서, $F_{2,k-1}$ 는 전이행렬, $w_{2,k-1}$ 는 공분산 행렬을 갖는 화이트 가우시안 진행 잡음, $H_{2,k}$ 는 관측행렬, $v_{2,k}$ 는 공분산 행렬을 갖는 화이트 가우시안 측정 잡음이다.

[0120] 여기서, 상기 칼만필터를 통해 ${}^S Z = {}^S Z_I$, ${}^S X = {}^S X_I$ 가 추정되면, ${}^S Y_I = {}^S Z_I \times {}^S X_I$ 와 ${}^S X_I = {}^S Y_I \times {}^S Z_I$ 을 통해 3D 자세행렬 ${}^S R = [{}^S X_I \ {}^S Y_I \ {}^S Z_I]$ 이 완성된다. 또한, ${}^I a = {}^S R^T {}^S a$ 와 ${}^I d = {}^S R^T {}^S d$ 을 통해 센서 좌표계에서 관찰되는 것보다 유용한 고정 좌표계에서 관찰되는 센서 가속도와 자기교란을 추정할 수 있다.

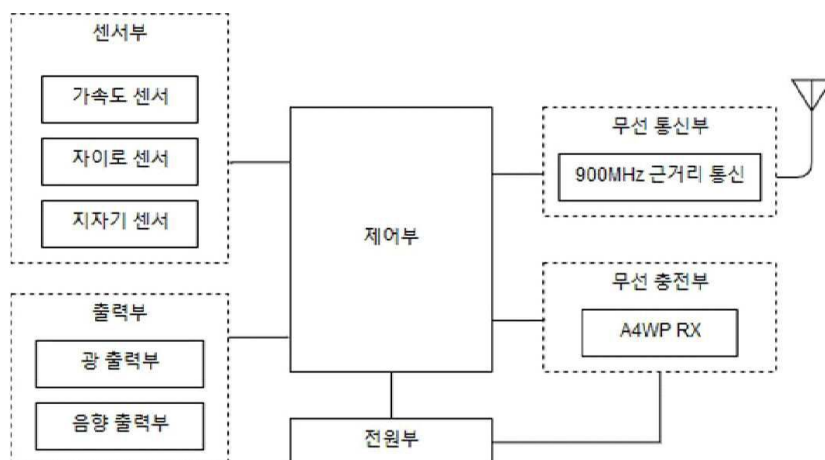
[0122] 또한, 틸트 및 센서가속도용 칼만필터 및 헤딩 및 자기교란용 칼만필터는 병렬 칼만필터로 구성되어 완전히 독립적이면서도 체계적인 일대일 대응구조를 갖도록 설계되었다. 그리고 자기교란이 상태벡터의 일부로 설정되어 있으므로, 관성/자기센서를 자세추정의 목적 외에도 자세 변화 시에도 자기장 추정의 수단으로 활용할 수 있다.

[0124] 또한, 상기 시스템의 위치 결정모듈은 가속도, 자이로, 지자기 센서를 통해 수신한 센싱 정보로부터 틸트, 가속도, 헤딩 및 자기교란에 해당하는 보행정보에 의해 보행 걸음을 검출하는 걸음 검출모듈과 PDR(Pedestrian Dead Reckoning, 보행 항법)을 이용하여 검출된 걸음 및 가속도를 통한 움직인 거리를 추정하는 관성 항법 시스템으로 구성되어 있다.

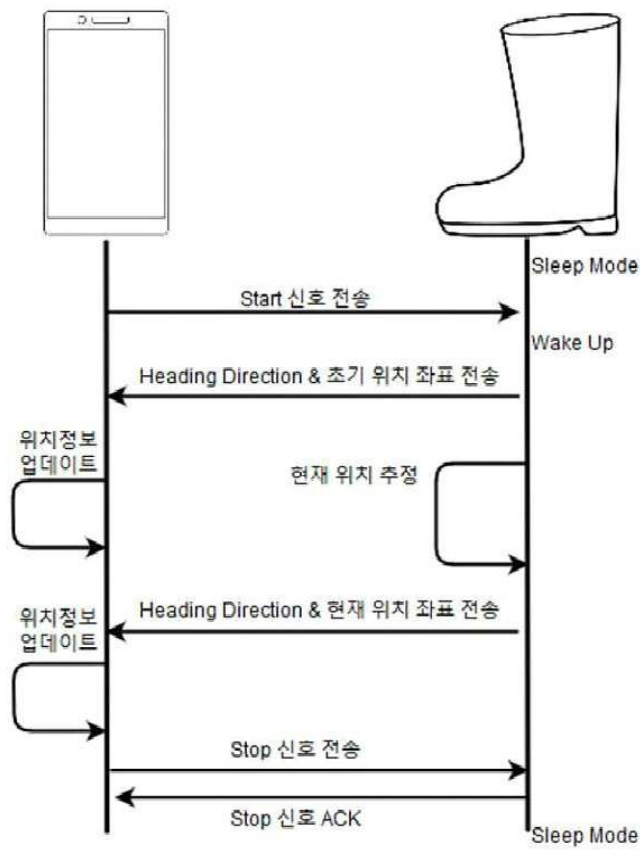
- [0126] 또한, 상기 시스템의 오차 보정모듈은 병렬 칼만필터를 이용하여 위치 결정모듈 및 센서 처리모듈의 오차를 보정한다.
- [0128] 도 5은 본 발명에 따른 자기공진 방식 무선 충전(A4WP)의 동작을 도시한 도면이다.
- [0130] 이하에서는 자기공진 방식의 무선 충전에 따른 구체적인 사항에 대해 살펴보기로 한다.
- [0132] 도 5를 참조하면, 자기공진 방식 무선충전은 기본적으로 PRU(Power Receiver Unit)와 PTU(Power Transmitter Unit)를 포함하여 구성하고 있고, PTU는 전원을 받는 제어부와 Driver로 되어 있으며 스마트 신발의 전원을 무선 충전하기 위한 송신부(Tx)와 PRU의 상태를 확인할 수 있도록 하는 주파수 900MHz를 사용한 근거리 RF 통신부가 있다.
- [0134] 또한, PRU는 교류전력에서 직류전력을 얻기 위해 정류작용에 중점을 두고 만들어진 전기적인 장치이고 한 방향으로만 전류를 통과시키는 기능을 하는 정류기와 일정한 전압을 유지시켜주는 역할을 하는 레귤레이터, 스마트 신발의 전원을 무선 충전하기 위한 전력을 받는 수신부(Rx), 정류기와 레귤레이터를 거쳐 배터리에 맞는 정격 전압을 생성하는 배터리부, 배터리부와 상호작용을 하는 전원부 및 전원부를 제어하는 제어부, PTU에 상태 정보를 송신할 수 있도록 하는 주파수 900MHz를 사용한 근거리 RF 통신부가 있다.
- [0136] 이상에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 설명함에 있어 특정형상 및 방향을 위주로 설명하였으나, 본 발명은 그 발명에 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에 의하여 다양한 변형 및 변경이 가능하고, 이러한 변형 및 변경은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.
- [0138] 또한, 전술한 특성 및 이하 상세한 설명은 모두 본 발명의 설명 및 이해를 돕기 위한 예시적인 사항이다. 즉, 본 발명은 이와 같은 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수 있다. 다음 실시 형태들은 단지 본 발명을 완전히 개시하기 위한 예시이며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자들에게 본 발명을 전달하기 위한 설명이다. 따라서, 본 발명의 구성 요소들을 구현하기 위한 방법이 여럿 있는 경우에는, 이들 방법 중 특정한 것 또는 이와 동일성 있는 것 가운데 어떠한 것으로든 본 발명의 구현이 가능함을 분명히 할 필요가 있다.
- [0140] 또한, 본 명세서 및 청구범위에 어떤 구성이 특정 요소들을 포함한다는 언급이 있는 경우, 또는 어떤 과정이 특정 단계들을 포함한다는 언급이 있는 경우는, 그 외 다른 요소 또는 다른 단계들이 더 포함될 수 있음을 의미한다. 즉, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 특정 실시 형태를 설명하기 위한 것일 뿐이고, 본 발명의 개념을 한정하기 위한 것이 아니다. 나아가, 발명의 이해를 돕기 위해 설명한 예시들은 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다.

도면

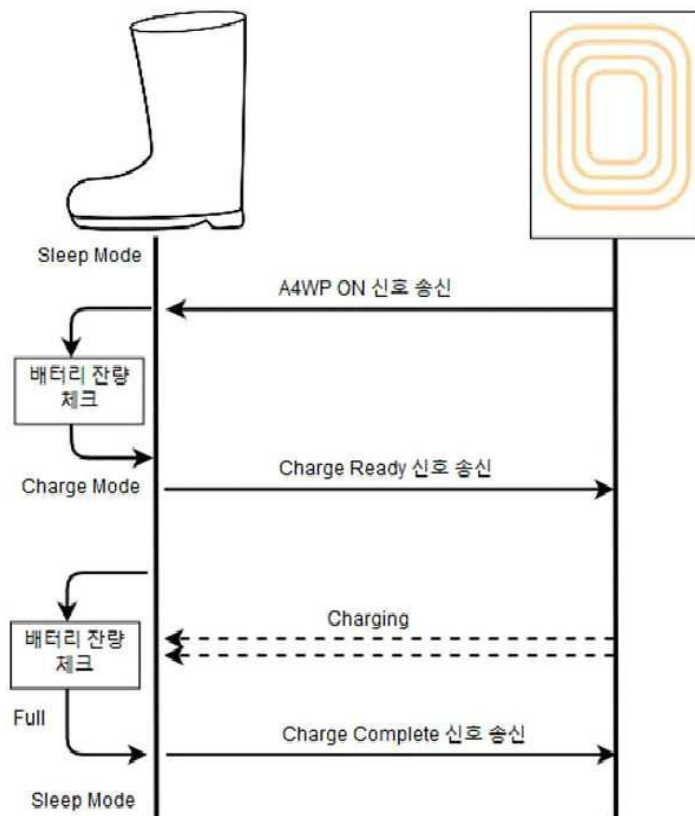
도면1



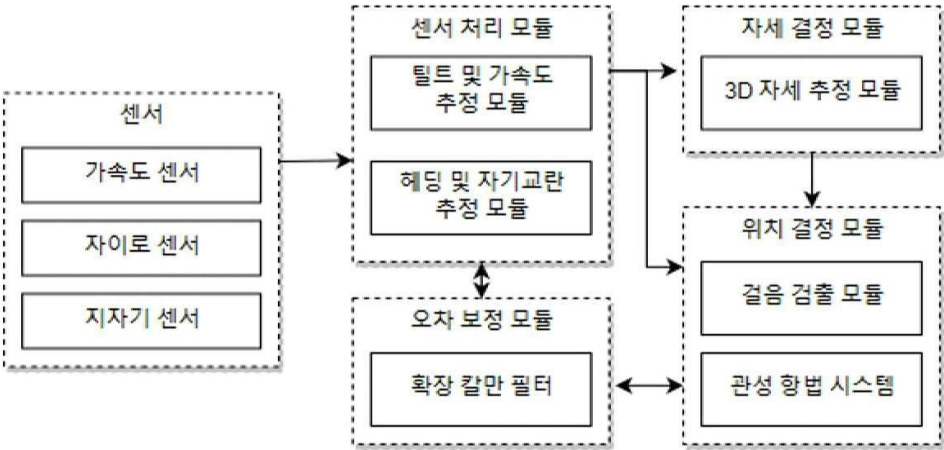
도면2



도면3



도면4



도면5

