



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월26일

(11) 등록번호 10-2583899

(24) 등록일자 2023년09월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01S 5/02 (2010.01) G01C 21/14 (2006.01)
G01C 21/16 (2006.01) G01C 21/18 (2006.01)
G01C 21/20 (2006.01) G01C 22/00 (2006.01)
G01S 5/14 (2006.01) H04W 64/00 (2023.01)

(52) CPC특허분류

G01S 5/02585 (2023.05)
G01C 21/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0107832

(22) 출원일자 2021년08월17일

심사청구일자 2021년08월17일

(65) 공개번호 10-2023-0025992

(43) 공개일자 2023년02월24일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110026229 A

KR1020120124364 A

JP2013152097 A

KR1020110072357 A

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김성륜

서울특별시 용산구 한강대로 26, 101동 2407호(한강로3가, 한강대우트럼프월드3차)

한규원

서울특별시 서초구 서초중앙로2길 21, 101동 403호(서초동, 더샵서초)

(74) 대리인

민영준

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 나영준

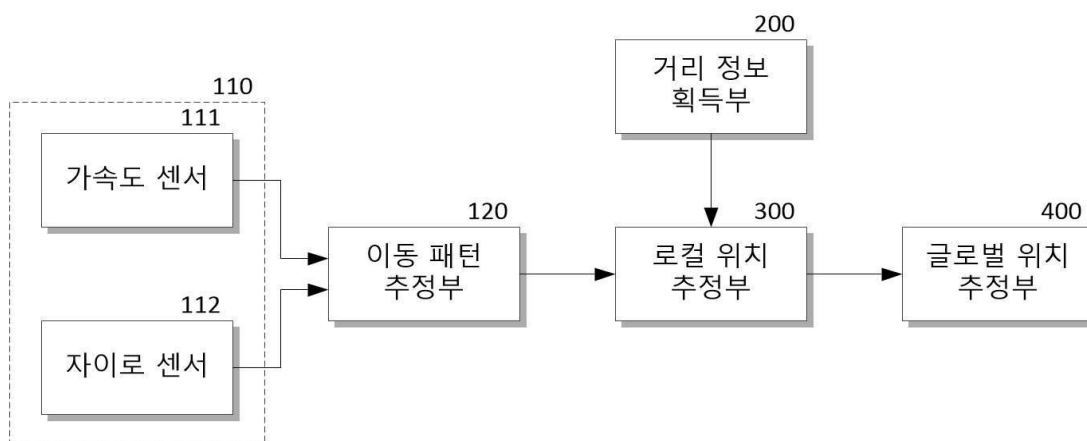
(54) 발명의 명칭 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 보행자의 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호를 기반으로 보행자 이동 패턴을 판별하는 IMU 이동 추정부, 다수의 AP와 무선 신호를 송수신하여, 각 스텝에서 다수의 AP 각각과의 거리를 기지정된 방식으로 측정하는 거리 정보 획득부, 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하고, 다수의 로컬 좌

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



표계 상에 보행자 이동 패턴과 측정된 다수의 AP 각각과의 거리를 이용하여 획득되는 로컬 이동 궤적을 기반으로 보행자의 스텝에 따른 보폭과 측정된 거리에서 NLOS에 의해 발생하는 바이어스를 계산하고, 계산된 보폭과 바이어스를 기반으로 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 로컬 위치 추정부 및 다수의 로컬 좌표계 각각에서 획득된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계의 이동 궤적으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 보행자 이동 궤적을 획득하는 글로벌 위치 추정부를 포함하여, 실내에서 사용자의 위치와 이동 궤적을 정확하게 추정할 수 있을 뿐만 아니라 측정 오차가 존재하는 경우에도 정확한 위치와 이동 궤적을 추정할 수 있는 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

G01C 21/165 (2023.08)

G01C 21/18 (2013.01)

G01C 21/206 (2013.01)

G01C 22/006 (2013.01)

G01S 5/021 (2013.01)

G01S 5/0269 (2023.05)

G01S 5/14 (2013.01)

H04W 64/00 (2013.01)

G01S 2205/02 (2023.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126369
과제번호	2018-0-00923-004
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송연구개발사업
연구과제명	주파수 공유 기반 Beyond 5G 통신 방식 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31
공지예외적용	: 있음

명세서

청구범위

청구항 1

보행자의 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호를 기반으로 보행자 이동 패턴을 판별하는 IMU 이동 추정부;

다수의 AP와 무선 신호를 송수신하여, 각 스텝에서 다수의 AP 각각과의 거리를 기지정된 방식으로 측정하는 거리 정보 획득부;

상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하고, 다수의 로컬 좌표계 상에 상기 보행자 이동 패턴과 측정된 다수의 AP 각각과의 거리를 이용하여 획득되는 로컬 이동 궤적을 기반으로 보행자의 스텝에 따른 보폭과 측정된 거리에서 NLOS에 의해 발생하는 바이어스를 계산하고, 계산된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 로컬 위치 추정부; 및

다수의 로컬 좌표계 각각에서 획득된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계의 이동 궤적으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 보행자 이동 궤적을 획득하는 글로벌 위치 추정부를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 IMU 이동 추정부는

보행자의 스텝에 따른 상하 가속도를 감지하여 가속도 신호를 생성하는 가속도 센서;

보행자의 회전 각도에 따른 자이로 신호를 생성하는 자이로 센서; 및

상기 센싱 신호로서 상기 가속도 신호와 상기 자이로 신호를 인가받아 보행자의 스텝 및 각 스텝에서의 방향 전환을 분석하여 상기 보행자 이동 패턴을 획득하는 이동 패턴 추정부를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 로컬 위치 추정부는

상기 다수의 AP와의 거리를 기반으로 상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하고, 상기 보행자 이동 패턴의 초기 스텝 위치(p_1)에서의 이동 방향을 좌표계의 제1축으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하여, 상기 보행자 이동 패턴을 로컬 좌표계의 로컬 이동 궤적으로 변환하는 로컬 좌표계 변환부;

상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적인지 비직선 이동 궤적인지에 따라 구분하여 상기 보폭과 상기 바이어스를 계산하는 궤적 추정부; 및

계산된 상기 보폭과 상기 바이어스를 기반으로 로컬 좌표계에서 초기 로컬 스텝 위치를 결정하는 로컬 초기 위치 계산부를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 궤적 추정부는

상기 로컬 이동 궤적의 다수의 로컬 스텝 위치 중 대응하는 AP의 위치로부터 기지정된 문턱 거리 이내에 위치하는 스텝 위치의 스텝을 AP 인접 로컬 스텝으로 선택하는 로컬 스텝 선택부;

상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적이면, AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하고, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭과 바이어스를 추정하는 직선 궤적 추정부; 및

상기 로컬 이동 궤적이 비직선 이동 궤적이면, 로컬 좌표계에 대응하는 AP로부터 초기 로컬 스텝 위치까지의 거리와 로컬 좌표계의 제1축으로부터 초기 로컬 스텝 위치 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도를 설정하고, 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하여, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따

른 보폭과 바이어스를 추정하며, 추정된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 초기 로컬 각도를 계산하여 획득하는 비직선 궤적 추정부를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 직선 궤적 추정부는

초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 로컬 좌표(q_1, u_1)와 상기 로컬 좌표계의 제1축인 q 축 방향으로 진행되는 전체 N 개의 스텝($n = 1, 2, \dots, N$) 각각에서 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)와 대응하는 AP 사이의 거리(r_n)에 따라 수학식

$$(q_1 + d(n-1))^2 + u_1^2 = (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

으로 표현되는 보폭(d)과 바이어스(b) 함수에 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 획득되는 서로 다른 2개의 임의 스텝(a_1, a_2)를 대입하고, 나머지 스텝 사이의 차이를 분석하여 획득되는 행렬식

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(S)\mathbf{x} &= \mathbf{b}(S), \quad S = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T \\ \mathbf{A}(S) &= \begin{bmatrix} a_1 - a_2 & 2\left(\frac{r_1 - r_{a_1}}{1 - a_1} - \frac{r_1 - r_{a_2}}{1 - a_2}\right) \\ \vdots & \vdots \\ a_1 - a_2 & 2\left(\frac{r_N - r_{a_1}}{N - a_1} - \frac{r_N - r_{a_2}}{N - a_2}\right) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\ \mathbf{b}(S) &= \begin{bmatrix} \frac{r_1^2 - r_{a_1}^2}{1 - a_1} - \frac{r_1^2 - r_{a_2}^2}{1 - a_2} \\ \vdots \\ \frac{r_N^2 - r_{a_1}^2}{N - a_1} - \frac{r_N^2 - r_{a_2}^2}{N - a_2} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1} \end{aligned}$$

을 수학식

$$\mathbf{x}(S) = [\mathbf{A}(S)^T \mathbf{A}(S)]^{-1} \mathbf{A}(S)^T \mathbf{b}(S)$$

에 따라 계산하여 상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 비직선 궤적 추정부는

상기 로컬 좌표계의 원점으로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1)까지의 거리 $R = \sqrt{q_1^2 + u_1^2}$ 와 q 축 방향으로부터 초

기 로컬 스텝 위치(z_1) 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도($\gamma = \tan^{-1}(\frac{u_1}{q_1})$) 및 각 로컬 스텝($z_2 \sim z_N$)에서의 회전 각도를 기준으로 하는 로컬 회전 각도(θ_n)를 기반으로 수학식

$$\begin{aligned} & (q_1 + dc_n)^2 + (u_1 + ds_n)^2 \\ &= R^2 + 2dR \left[\sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) \right] + d^2(c_n^2 + s_n^2) \\ &= (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N \end{aligned}$$

으로 표현되는 보폭(d)과 바이어스(b) 함수에 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 획득되는 서로 다른 2개의 임의 스텝(a_1, a_2)를 대입하고, 나머지 스텝 사이의 차이로 획득되는 수학식

$$\begin{aligned}
 & d^2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)\eta_{n,a_1} - f_{n,a_1}(\gamma)\eta_{n,a_2}]}_{=\alpha_n(\mathbb{S},\gamma)} \\
 & + b \cdot 2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)(r_n - r_{a_1}) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n - r_{a_2})]}_{=\beta_n(\mathbb{S},\gamma)} \\
 & = \underbrace{f_{n,a_2}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_1}^2) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_2}^2)}_{=\zeta_n(\mathbb{S},\gamma)},
 \end{aligned}$$

(여기서 $f_{n,a}(\gamma) = \sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) - \sum_{i=1}^{a_1-1} \cos(\theta_a - \gamma)$ 이고, $\eta_{n,a_1} = (c_n^2 + s_n^2) - (c_a^2 + s_a^2)$ 이다.)

을 변환한 행렬식

$$\mathbf{A}(S, \gamma) \mathbf{x} = \mathbf{b}(S, \gamma), \quad S = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \alpha_1(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots & \vdots \\ \alpha_N(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\
 \mathbf{b}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \zeta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots \\ \zeta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1}
 \end{aligned}$$

을 수학식

$$\mathbf{x}(S) = [\mathbf{A}(S)^T \mathbf{A}(S)]^{-1} \mathbf{A}(S)^T \mathbf{b}(S)$$

에 따라 계산하여 상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 비직선 궤적 추정부는

상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 수학식에서 상기 초기 로컬 각도(γ)를 가변하면서 대입하여 수학식

$$\gamma(S) = \arg \min e_2(S, \gamma)$$

여기서 ($e_2(S, \gamma) = \text{std}(\mathbf{R}(S, \gamma))$) 이고, $\text{std}()$ 는 표준편차 함수이며,

$$\mathbf{R}(S, \gamma) = [R_{1,a_1}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_1}(S, \gamma); R_{1,a_2}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_2}(S, \gamma)] \text{ 이다.}$$

그리고

$$R_{n,a}(S, \gamma) = \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2(r_n - r_a) b(S, \gamma) - (d(S, \gamma))^2 \eta_{n,a}}{2f_{n,a}(\gamma) d(S, \gamma)} \text{ 이다.}$$

의 오차(e_2)가 최소가 되도록 하는 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)를 획득하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 궤적 추정부는

상기 AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 조합으로 획득되는 서로 다른 2개의 임의 스텝(a_1, a_2) 각각에 대한 보폭(d)과 바이어스(b) 및 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)가 다수개로 획득되면, 각각 중간값을 대표값으로 선택하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 로컬 초기 위치 계산부는

직선 이동 궤적인 경우, 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^*, u_1^*)을 수학식

$$q_1^*(S) = \frac{\sum_{a \in S} \sum_{n \in N, n \neq a} \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S)(r_n - r_a) - (n^2 - a^2)(d^*(S))^2}{2(n-a)d^*(S)}}{2(N-1)}$$

및

$$u_1^*(S) = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \left(r_n^2 - 2r_n b^*(S) + (b^*(S))^2 - (q_1(S))^2 + 2nq_1(S)d^*(S) + n^2(d^*(S))^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

에 따라 계산하여 획득하고,

비직선 이동 궤도인 경우, 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^*, u_1^*)을 수학식

$$\begin{aligned} & q_1(c_n - c_a) + u_1(s_n - s_a) \\ = & \underbrace{\frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S) \cdot (r_n - r_a) - (d^*(S))^2 \eta_{n,a}}{2d^*(S)}}_{=g_{n,a}(S)} \end{aligned}$$

을 변환한 행렬식

$$\begin{aligned} & q_1(c_n - c_a) + u_1(s_n - s_a) \\ = & \underbrace{\frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S) \cdot (r_n - r_a) - (d^*(S))^2 \eta_{n,a}}{2d^*(S)}}_{=g_{n,a}(S)} \end{aligned}$$

을 수학식

$$z_1 = [H(S)^T H(S)]^{-1} H(S) g(S)$$

에 따라 계산하여 획득하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 글로벌 위치 추정부는

상기 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각에 대한 로컬 좌표계에서 획득된 로컬 스텝 위치($z_n^{(m)*}$)를 글로벌 좌표계에서 x 축을 기준으로 하는 보행자 이동 패턴의 초기 이동 방향이 나타내는 회전 각도(w)에 따라 수학식

$$p_n^{(m)}(w) = p_{AP}^{(m)} + \begin{pmatrix} \cos(w) & -\sin(w) \\ \sin(w) & \cos(w) \end{pmatrix} z_n^{(m)*}$$

으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 스텝 위치($p_n^{(m)}(w)$)로 변환하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 글로벌 위치 추정부는

다수의 로컬 좌표계 각각에서 변환된 글로벌 좌표계 상의 스텝 위치($p_n^{(m)}(w)$)가 일치하지 않으면, 직선 이동 궤적인지 판별하고, 직선 이동 궤적이면, 글로벌 좌표계에서의 서로 다른 AP(AP_r , AP_m)의 위치($P_{AP}^{(r)}$, $P_{AP}^{(m)}$) 사이의 거리와 AP(AP_r , AP_m) 따른 서로 다른 로컬 좌표계에서 각 부호별 로컬 스텝 위치($(z_1^{(r)} \sim z_N^{(r)})$, $(z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)})$) 사이의 거리를 비교하여 동일한 거리가 되도록 하는 로컬 스텝 위치($z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)}$)를 선택하고, 이에 대응하는 회전 각도(w)를 설정하여 글로벌 스텝 위치의 오차를 보상하고,

비직선 이동 궤적이면, 각 로컬 이동 궤적에 따른 로컬 스텝 위치($z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)}$)를 글로벌 좌표계로 변환한 스텝 위치 사이의 차이가 최소가 되도록 각 로컬 좌표계에서의 회전 각도(w)를 설정하여 글로벌 스텝 위치의 오차를 보상하는 보행자 실내 위치 측위 장치.

청구항 12

보행자의 실내 위치를 추적하는 보행자 실내 위치 측위 장치의 보행자 실내 위치 측위 방법에 있어서,

보행자의 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호를 기반으로 보행자 이동 패턴을 판별하는 단계;

다수의 AP와 무선 신호를 송수신하여, 각 스텝에서 다수의 AP 각각과의 거리를 기지정된 방식으로 측정하는 단계;

상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하고, 다수의 로컬 좌표계 상에 상기 보행자 이동 패턴과 측정된 다수의 AP 각각과의 거리를 이용하여 획득되는 로컬 이동 궤적을 기반으로 보행자의 스텝에 따른 보폭과 측정된 거리에서 NLOS에 의해 발생하는 바이어스를 계산하고, 계산된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 단계; 및

다수의 로컬 좌표계 각각에서 획득된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계의 이동 궤적으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 보행자 이동 궤적을 획득하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 보행자 이동 패턴을 판별하는 단계는

가속도 센서를 이용하여 보행자의 스텝에 따른 상하 가속도를 감지하여 가속도 신호를 획득하는 단계;

자이로 센서를 이용하여 보행자의 회전 각도에 따른 자이로 신호를 획득하는 단계; 및

상기 센싱 신호로서 상기 가속도 신호와 상기 자이로 신호를 인가받아 보행자의 스텝 및 각 스텝에서의 방향 전환을 분석하여 상기 보행자 이동 패턴을 획득하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 단계는

상기 다수의 AP와의 거리를 기반으로 상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하고, 상기 보행자 이동 패턴의 초기 스텝 위치(p_1)에서의 이동 방향을 좌표계의 제1축으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하여, 상기 보행자 이동 패턴을 로컬 좌표계의 로컬 이동 궤적으로 변환하는 단계;

상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적인지 비직선 이동 궤적인지에 따라 구분하여 상기 보폭과 상기 바이어스

를 계산하는 단계; 및

계산된 상기 보폭과 상기 바이어스를 기반으로 로컬 좌표계에서 초기 로컬 스텝 위치를 결정하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 바이어스를 계산하는 단계는

상기 로컬 이동 궤적의 다수의 로컬 스텝 위치 중 대응하는 AP의 위치로부터 기지정된 문턱 거리 이내에 위치하는 스텝 위치의 스텝을 AP 인접 로컬 스텝으로 선택하는 단계;

상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적이면, AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하고, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 보폭과 바이어스를 직선 이동 궤적에 따라 추정하는 단계; 및

상기 로컬 이동 궤적이 비직선 이동 궤적이면, 로컬 좌표계에 대응하는 AP로부터 초기 로컬 스텝 위치까지의 거리와 로컬 좌표계의 제1축으로부터 초기 로컬 스텝 위치 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도를 설정하고, 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하여, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭과 바이어스를 추정하며, 추정된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 초기 로컬 각도를 계산하여 획득하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 직선 이동 궤적에 따라 추정하는 단계는

초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 로컬 좌표(q_1, u_1)와 상기 로컬 좌표계의 제1축인 q 축 방향으로 진행하는 전체 N 개의 스텝($n = 1, 2, \dots, N$) 각각에서 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)와 대응하는 AP 사이의 거리(r_n)에 따라 수학적식

$$(q_1 + d(n-1))^2 + u_1^2 = (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

으로 표현되는 보폭(d)과 바이어스(b) 함수에 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 획득되는 서로 다른 2개의 임의의 스텝(a_1, a_2)를 대입하고, 나머지 스텝 사이의 차이를 분석하여 획득되는 행렬식

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(S)\mathbf{x} &= \mathbf{b}(S), \quad S = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T \\ \mathbf{A}(S) &= \begin{bmatrix} a_1 - a_2 & 2\left(\frac{r_1 - r_{a_1}}{1 - a_1} - \frac{r_1 - r_{a_2}}{1 - a_2}\right) \\ \vdots & \vdots \\ a_1 - a_2 & 2\left(\frac{r_N - r_{a_1}}{N - a_1} - \frac{r_N - r_{a_2}}{N - a_2}\right) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\ \mathbf{b}(S) &= \begin{bmatrix} \frac{r_1^2 - r_{a_1}^2}{1 - a_1} - \frac{r_1^2 - r_{a_2}^2}{1 - a_2} \\ \vdots \\ \frac{r_N^2 - r_{a_1}^2}{N - a_1} - \frac{r_N^2 - r_{a_2}^2}{N - a_2} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1} \end{aligned}$$

을 수학적식

$$\mathbf{x}(S) = [\mathbf{A}(S)^T \mathbf{A}(S)]^{-1} \mathbf{A}(S)^T \mathbf{b}(S)$$

에 따라 계산하여 상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 초기 로컬 각도를 계산하여 획득하는 단계는

상기 로컬 좌표계의 원점으로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1)까지의 거리 $R = \sqrt{q_1^2 + u_1^2}$ 와 q축 방향으로부터 초

기 로컬 스텝 위치(z_1) 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도($\gamma = \tan^{-1}(\frac{u_1}{q_1})$) 및 각 로컬 스텝($z_2 \sim z_N$)에서의 회전에 따른 q축을 기준으로 하는 로컬 회전 각도(θ_n)를 기반으로 수학식

$$\begin{aligned} & (q_1 + dc_n)^2 + (u_1 + ds_n)^2 \\ &= R^2 + 2dR \left[\sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) \right] + d^2(c_n^2 + s_n^2) \\ &= (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N \end{aligned}$$

으로 표현되는 보폭(d)과 바이어스(b) 함수에 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 획득되는 서로 다른 2개의 임의 스텝(a_1, a_2)를 대입하고, 나머지 스텝 사이의 차이로 획득되는 수학식

$$\begin{aligned} & d^2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)\eta_{n,a_1} - f_{n,a_1}(\gamma)\eta_{n,a_2}]}_{=\alpha_n(\mathbb{S}, \gamma)} \\ & + b \cdot 2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)(r_n - r_{a_1}) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n - r_{a_2})]}_{=\beta_n(\mathbb{S}, \gamma)} \\ &= \underbrace{f_{n,a_2}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_1}^2) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_2}^2)}_{=\zeta_n(\mathbb{S}, \gamma)}, \end{aligned}$$

(여기서 $f_{n,a}(\gamma) = \sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) - \sum_{i=1}^{a_1-1} \cos(\theta_a - \gamma)$ 이고, $\eta_{n,a_1} = (c_n^2 + s_n^2) - (c_a^2 + s_a^2)$ 이다.)

을 변환한 행렬식

$$\mathbf{A}(S, \gamma) \mathbf{x} = \mathbf{b}(S, \gamma), \quad S = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \alpha_1(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots & \vdots \\ \alpha_N(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\ \mathbf{b}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \zeta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots \\ \zeta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1} \end{aligned}$$

을 수학식

$$\mathbf{x}(S) = [\mathbf{A}(S)^T \mathbf{A}(S)]^{-1} \mathbf{A}(S)^T \mathbf{b}(S)$$

에 따라 계산하여 상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 초기 로컬 각도를 계산하여 획득하는 단계는

상기 보폭(d)과 상기 바이어스(b)를 계산하는 수학적식에서 상기 초기 로컬 각도(γ)를 가변하면서 대입하여 수학적식

$$\gamma(S) = \arg \min e_2(S, \gamma)$$

여기서 $(e_2(S, \gamma) = std(R(S, \gamma)))$ 이고, $std()$ 는 표준편차 함수이며,

$R(S, \gamma) = [R_{1,a_1}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_1}(S, \gamma); R_{1,a_2}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_2}(S, \gamma)]$ 이다. 그리고

$$R_{n,a}(S, \gamma) = \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2(r_n - r_a) b(S, \gamma) - (d(S, \gamma))^2 \eta_{n,a}}{2f_{n,a}(\gamma) d(S, \gamma)} \quad \text{이다.})$$

의 오차(e_2)가 최소가 되도록 하는 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)를 획득하는 단계를 더 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 초기 로컬 스텝 위치를 결정하는 단계는

직선 이동 궤적인 경우, 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^* , u_1^*)을 수학적식

$$q_1^*(S) = \frac{\sum_{a \in S} \sum_{n \in N, n \neq a} \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S)(r_n - r_a) - (n^2 - a^2)(d^*(S))^2}{2(n-a)d^*(S)}}{2(N-1)}$$

및

$$u_1^*(S) = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \left(r_n^2 - 2r_n b^*(S) + (b^*(S))^2 - (q_1(S))^2 + 2nq_1(S)d^*(S) + n^2(d^*(S))^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

에 따라 계산하여 획득하는 단계; 및

비직선 이동 궤도인 경우, 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^* , u_1^*)을 수학적식

$$\begin{aligned} & q_1(c_n - c_a) + u_1(s_n - s_a) \\ &= \underbrace{\frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S) \cdot (r_n - r_a) - (d^*(S))^2 \eta_{n,a}}{2d^*(S)}}_{=g_{n,a}(S)} \end{aligned}$$

을 변환한 행렬식

$$\begin{aligned} & q_1(c_n - c_a) + u_1(s_n - s_a) \\ &= \underbrace{\frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S) \cdot (r_n - r_a) - (d^*(S))^2 \eta_{n,a}}{2d^*(S)}}_{=g_{n,a}(S)} \end{aligned}$$

을 수학식

$$\mathbf{z}_1 = [\mathbf{H}(S)^T \mathbf{H}(S)]^{-1} \mathbf{H}(S) \mathbf{g}(S)$$

에 따라 계산하여 획득하는 단계를 포함하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 보행자 이동 궤적을 획득하는 단계는

상기 다수의 AP(AP₁ ~ AP_M) 각각에 대한 로컬 좌표계에서 획득된 로컬 스텝 위치($z_n^{(m)*}$)를 글로벌 좌표계에서 x 축을 기준으로 하는 보행자 이동 패턴의 초기 이동 방향이 나타내는 회전 각도(w)에 따라 수학식

$$p_n^{(m)}(w) = p_{AP}^{(m)} + \begin{pmatrix} \cos(w) & -\sin(w) \\ \sin(w) & \cos(w) \end{pmatrix} z_n^{(m)*}$$

으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 스텝 위치($p_n^{(m)}(w)$)로 변환하는 보행자 실내 위치 측위 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법에 관한 것으로, 무선 신호와 관성 측정 센서를 활용한 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 측위(positioning)라고도 하는 보행자 위치 추측(Pedestrian Dead reckoning) 기술은 사용자의 현재 환경에 적절한 다양한 서비스를 제공할 수 있는 정보를 획득하는 점에서 현대 스마트 시티 등에서 그 중요성이 더욱 증가하고 있다. 특히 최근에는 사용자의 현재 위치에 대한 측위뿐만 아니라 사용자 이동 궤적(user mobility trajectory)을 정확하게 감지할 수 있는 측위 기법이 요구되고 있다.

[0003] 기존에도 보행자 위치 추측 기술에는 GPS(Global Positioning System)를 이용하는 방식, 무선 신호를 이용하는 방식 및 각종 센서를 이용하는 방식 등과 같이 다양한 방식이 제안되었다. 다만 이와 같은 기존의 보행자 위치 추측 기술은 대부분 실외 환경에서의 위치 추측에 중점을 두고 있어, 실내 환경에서는 보행자의 정확한 위치를 추측하기 어렵다는 한계가 있다.

[0004] GPS 방식의 경우, 기본적으로 위성 신호를 이용해야 하므로 위성 신호가 수신되기 어려운 실내 환경에서는 이용될 수 없을 뿐만 아니라 오차 범위가 매우 크다는 문제가 있다. 무선 신호를 이용하는 방식은 다수의 액세스 포인트(Access Point: 이하 AP)와 보행자가 보유한 단말(User Equipment: 이하 UE) 사이의 무선 신호의 수신 신호 세기(Received Signal Strength: RSS) 또는 왕복시간(Round-Trip Time: 이하 RTT)을 측정하여, 판별되는 각 AP로부터 UE까지의 거리를 기반으로 보행자의 위치를 판별한다. 그러나 실내 환경에서는 무선 신호가 가시선(Line Of Sight: 이하 LOS) 뿐만 아니라 비가시선(Non-Line Of Sight: 이하 NLOS) 경로를 통해서도 수신되므로 정확한 측위가 어렵다는 한계가 있다. 특히 다수의 AP의 위치가 밀집되어 있거나 UE에 대해 유사한 방향에 위치한다면 더욱 측위가 어렵다는 문제가 있다. 또한 각종 센서를 이용하는 경우에도 실내 환경에서는 다양한 주변 요인에 의해 방향 추정에 오차가 발생하게 된다. 현재 이동 방향 추정에는 자기장 센서가 주로 이용되고 있으나, 실내에서는 자기장이 왜곡되는 경우가 빈번하게 발생하며, 이로 인해, 정확한 측위가 어렵다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1622536호 (2016.05.13 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명의 목적은 실내에서 보행자의 이동 궤적을 정확하게 추정할 수 있는 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0007] 본 발명의 다른 목적은 측정 오차가 발생하는 경우에도, 보행자의 위치 및 이동 궤적을 정확하게 추정할 수 있는 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치는 보행자의 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호를 기반으로 보행자 이동 패턴을 판별하는 IMU 이동 추정부; 다수의 AP와 무선 신호를 송수신하여, 각 스텝에서 다수의 AP 각각과의 거리를 기지정된 방식으로 측정하는 거리 정보 획득부; 상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하고, 다수의 로컬 좌표계 상에 상기 보행자 이동 패턴과 측정된 다수의 AP 각각과의 거리를 이용하여 획득되는 로컬 이동 궤적을 기반으로 보행자의 스텝에 따른 보폭과 측정된 거리에서 NLOS에 의해 발생하는 바이어스를 계산하고, 계산된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 로컬 위치 추정부; 및 다수의 로컬 좌표계 각각에서 획득된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계의 이동 궤적으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 보행자 이동 궤적을 획득하는 글로벌 위치 추정부를 포함한다.
- [0009] 상기 IMU 이동 추정부는 보행자의 스텝에 따른 상하 가속도를 감지하여 가속도 신호를 생성하는 가속도 센서; 보행자의 회전 각도에 따른 자이로 신호를 생성하는 자이로 센서; 및 상기 센싱 신호로서 상기 가속도 신호와 상기 자이로 신호를 인가받아 보행자의 스텝 및 각 스텝에서의 방향 전환을 분석하여 상기 보행자 이동 패턴을 획득하는 이동 패턴 추정부를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 로컬 위치 추정부는 상기 다수의 AP와의 거리를 기반으로 상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하고, 상기 보행자 이동 패턴의 초기 스텝 위치(p_1)에서의 이동 방향을 좌표계의 제1축으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하여, 상기 보행자 이동 패턴을 로컬 좌표계의 로컬 이동 궤적으로 변환하는 로컬 좌표계 변환부; 상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적인지 비직선 이동 궤적인지에 따라 구분하여 상기 보폭과 상기 바이어스를 계산하는 궤적 추정부; 및 계산된 상기 보폭과 상기 바이어스를 기반으로 로컬 좌표계에서 초기 로컬 스텝 위치를 결정하는 로컬 초기 위치 계산부를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 궤적 추정부는 상기 로컬 이동 궤적의 다수의 로컬 스텝 위치 중 대응하는 AP의 위치로부터 기지정된 문턱 거리 이내에 위치하는 스텝 위치의 스텝을 AP 인접 로컬 스텝으로 선택하는 로컬 스텝 선택부; 상기 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적이면, AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하고, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭과 바이어스를 추정하는 직선 궤적 추정부; 및 상기 로컬 이동 궤적이 비직선 이동 궤적이면, 로컬 좌표계에 대응하는 AP로부터 초기 로컬 스텝 위치까지의 거리와 로컬 좌표계의 제1축으로부터 초기 로컬 스텝 위치 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도를 설정하고, 상기 AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝을 다양한 조합으로 선택하여, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭과 바이어스를 추정하며, 추정된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 초기 로컬 각도를 계산하여 획득하는 비직선 궤적 추정부를 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 방법은 보행자의 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호를 기반으로 보행자 이동 패턴을 판별하는 단계; 다수의 AP와 무선 신호를 송수신하여, 각 스텝에서 다수의 AP 각각과의 거리를 기지정된 방식으로 측정하는 단계; 상기 다수의 AP 각각의 위치를 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하고, 다수의 로컬 좌표계 상에 상기 보행자 이동 패턴과 측정된 다수의 AP 각각과의 거리를 이용하여 획득되는 로컬 이동 궤적을 기반으로 보행자의 스텝에 따른 보폭과 측정된 거리에서 NLOS에 의해 발생하는 바이어스를 계산하고, 계산된 보폭과 바이어스를 기반으로 상기 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치를 판별하는 단계; 및 다수의 로컬 좌표계 각각에서 획득된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계의 이동 궤적으로 변환하여 글로벌 좌표계에서의 보행자 이동 궤적을 획득하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치 및 방법은 주변 요소로 인해 오류가 발생할 가능성이 높은 실내 환경에서 다수의 AP와의 무선 신호와 관성 측정 센서를 활용하여 사용자의 위치와 이동 궤적을 정확하게 추정할 수 있을 뿐만 아니라 측정 오차가 존재하는 경우에도 정확한 위치와 이동 궤적을 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 시스템의 개략적 구성을 나타낸다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치의 개략적 구조를 나타낸다.
 도 3은 IMU 이동 추적부가 IMU 센서를 이용하여 보행자 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호의 일 예를 나타낸다.
 도 4는 도3의 IMU 센서를 이용하여 추정한 보행자의 이동 궤적의 일 예를 나타낸다.
 도 5는 도 1의 로컬 위치 추정부의 상세 구성의 일 예를 나타낸다.
 도 6은 로컬 좌표계로 변환된 로컬 이동 궤적의 일 예를 나타낸다.
 도 7은 글로벌 위치 추정부가 직선 이동 궤적에서 초기 위치와 초기 이동 방향을 추정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시예에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0016] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0017] 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. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 시스템의 개략적 구성을 나타낸다.

[0019] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 시스템은 적어도 하나의 사용자 단말(UE)과 다수의 액세스 포인트(AP1 ~ AP4)를 포함한다. 본 실시예에서 적어도 하나의 사용자 단말(UE)은 보행자가 휴대하여 이동 가능한 모바일 기기로서, 보행자 실내 위치 측위 장치를 포함할 수 있다. 보행자 실내 위치 측위 장치는 관성 측정(Inertial Momentum Unit: 이하 IMU) 센서를 구비하여, 보행자의 이동 궤적을 추적한다. 그리고 다수의 AP(AP1 ~ AP4)는 각각 사용자 단말(UE)과 WiFi와 같은 각종 무선 신호를 송수신하여, 각 AP와 사용자 단말(UE)과의 거리(r)를 감지하고 감지된 거리(r)와 AP의 글로벌 좌표 정보를 사용자 단말(UE)에 구비된 보행자 실내 위치 측위 장치로 전송할 수 있다.

[0020] 본 실시예에서 보행자 실내 위치 측위 장치는 IMU 센서로부터 획득된 보행자의 이동 궤적과 다수의 AP(AP1 ~ AP4)로부터 획득된 각 AP의 글로벌 좌표 정보와 사용자 단말(UE)과의 거리(r)를 기반으로 보행자의 실내 위치와 위치 이동에 따른 이동 궤적을 정확하게 추적한다.

[0021] 이는 상기한 바와 같이, 보행자 실내 위치 측위 장치에서 획득되는 정보만을 이용하는 경우, 자기 왜곡 등으로 인해 방향 추정에 오류가 발생하는 문제가 있으며, 다수의 AP(AP1 ~ AP4)로부터 획득된 거리(r) 정보만을 이용하는 경우, AP(AP1 ~ AP4)의 배치 위치와 NLOS 경로 등으로 인한 오차가 크게 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 본 실시예에서는 보행자 실내 위치 측위 장치에서 획득되는 위치 정보와 다수의 AP(AP1 ~ AP4)를 통해 획득

되는 위치 정보를 통합하여 실내에서 매우 정확하게 보행자의 위치 및 이동 궤적을 추정할 수 있도록 한다.

- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 3은 IMU 이동 추적부가 IMU 센서를 이용하여 보행자 스텝과 회전 각도를 감지한 센싱 신호의 일 예를 나타내며, 도 4는 도3의 IMU 센서를 이용하여 추정한 보행자의 이동 궤적의 일 예를 나타낸다.
- [0023] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치는 IMU 이동 추정부(100), 거리 정보 획득부(200), 로컬 위치 추정부(300) 및 글로벌 위치 추정부(400)를 포함할 수 있다.
- [0024] IMU 이동 추정부(100)는 IMU 센서에 기반하여 보행자의 이동 궤적을 추적하기 위한 구성으로, 센서부(110) 및 이동 패턴 추정부(120)를 포함할 수 있다. 본 실시예에서 센서부(110)는 보행자의 이동에 따른 각 스텝별 위치 및 방향 전환을 감지하여 센싱 신호를 출력한다. 센서부(110)는 IMU 센서 구성으로, 가속도 센서(111) 및 자이로 센서(112)를 포함할 수 있으며, 이외에도 자기장 센서나 GPS 센서와 같은 다른 센서를 추가로 구비할 수도 있다.
- [0025] 가속도 센서(111)는 보행자의 보행시에 발생하는 반복적인 상하 가속도 패턴에 따라 보행자의 스텝을 감지하고, 자이로 센서(112)는 보행자의 보행시 방향 전환을 감지하여 이를 센싱 신호로서 출력할 수 있다.
- [0026] 도 3에서 (a)는 가속도 센서(111)에서 출력되는 가속도 신호의 일 예를 나타내고, (b)는 자이로 센서(112)에서 출력되는 자이로 신호의 일 예를 나타낸다. 그리고 도 4는 가속도 센서(111)와 자이로 센서(112)에서 감지된 가속도 신호와 자이로 신호를 기반으로 추정된 보행자의 이동 패턴을 나타낸다.
- [0027] 도 3의 (a)에 도시된 바와 같이, 가속도 센서(111)는 보행자의 보행에 따라 반복적으로 발생하는 상하 가속도에 대응하여 피크가 발생하는 가속도 신호를 출력할 수 있으며, 도 3의 (b)에 도시된 바와 같이 자이로 센서(112)는 보행자의 보행에는 큰 영향을 받지 않는 반면, 보행자의 회전에 따른 방향 전환 시에 크게 변화가 발생하는 자이로 신호를 출력할 수 있다.
- [0028] 이동 패턴 추정부(120)는 가속도 센서(111)에서 출력되는 가속도 신호와 자이로 센서(112)에서 출력되는 자이로 신호가 포함된 센싱 신호를 인가받고 기지정된 방식에 따라 분석함으로써, 보행자의 스텝 발생 여부와 회전에 따른 방향 전환 여부를 감지하고, 방향 전환이 발생한 경우, 회전 각도(μ)를 확인한다.
- [0029] 도 4에 도시된 바와 같이, 이동 패턴 추정부(120)는 가속도 신호를 기반으로 스텝 발생 여부만을 판별하고, 각 스텝에서의 보폭(d)은 균일한 것으로 가정하여 보행자의 이동 패턴을 추정할 수 있다. 자이로 센서(112)의 경우, 자기 왜곡 등에 무관하게 동작하므로 실내에서도 보행자의 방향 전환, 즉 회전 각도(μ)를 정확하게 감지할 수 있다. 다만 가속도 센서(111)로는 보폭의 변화를 정확하게 감지하기 어렵다. 그러나 일반적으로 보행자의 보폭(d)은 거의 일정하다. 이에 이동 패턴 추정부(120)는 보폭(d)이 균일한 것으로 가정하여, 보행자가 초기 위치(p_1)으로부터 각 스텝별 위치($p_2 \sim p_8$)로 이동하는 동안, 기지정된 동일한 보폭(d)만큼 이동하는 것으로 가정하여 보행자의 이동 패턴을 추정할 수 있다. 이동 패턴 추정부(120)에서 보폭(d)은 임의의 거리로 지정될 수 있으며, 이후 계산에 의해 획득될 수 있다.
- [0030] 그리고 이동 패턴 추정부(120)는 초기 위치(p_1)를 제외한 나머지 각 스텝($p_2 \sim p_8$)에서 따른 위치에서의 회전 각도(μ)가 모두 0에 가까운 기지정된 각도 범위(예를 들면 $-3^\circ \leq \mu \leq 3^\circ$) 이내이면, 오차 범위 이내로 판단하여 보행자가 직선 궤적으로 이동한 것으로 판별하고, 도 4에 도시된 바와 같이, 특정 스텝 위치(도 4에서는 제4 및 제6 위치(p_4, p_6))에서의 회전 각도(μ)가 각도 범위를 초과하면, 보행자가 비직선 궤적으로 이동한 것으로 판별할 수 있다.
- [0031] 따라서 x, y 축을 갖는 글로벌 좌표계에서 보행자의 초기 위치(p_1)와 x축을 기준으로 하는 초기 이동 방향(w) 및 보폭(d)을 확인할 수 있으면, 스텝별 위치($p_2 \sim p_8$)를 정확하게 추정할 수 있다. 즉 보행자의 이동 궤적을 정확하게 판별할 수 있다.
- [0032] 거리 정보 획득부(200)는 주변 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각과 기지정된 방식으로 무선 신호를 송수신하여, 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각으로부터 보행자 실내 위치 측위 장치까지의 거리($r_1 \sim r_M$)를 확인하고, 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각의 글로벌 좌표계에서의 위치 정보를 획득한다. 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각은 고정된 위치에 배치된다. 따라서 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각의 글로벌 좌표계에서의 위치 정보는 각 AP($AP_1 \sim AP_M$)에 미리 저장되어 보행자

실내 위치 측위 장치로 전송될 수 있다. 또한 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각은 보행자 실내 위치 측위 장치와 무선 신호를 송수신하여 수신 신호 세기(Received Signal Strength: RSS)를 측정하거나, 왕복시간(Round-Trip Time: 이하 RTT)을 측정하여 각 AP($AP_1 \sim AP_M$)와 보행자 실내 위치 측위 장치까지의 거리($r_1 \sim r_M$)를 확인할 수 있다. 여기서는 RTT를 이용하여 거리($r_1 \sim r_M$)를 확인하는 것으로 가정하지만, 경우에 따라서는 RSS를 이용할 수도 있다. 그리고 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각은 확인된 거리($r_1 \sim r_M$)를 보행자 실내 위치 측위 장치로 전송한다. 다만 경우에 따라서는 보행자 실내 위치 측위 장치가 직접 RTT를 측정하여 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$)까지의 거리($r_1 \sim r_M$)를 확인하도록 구성될 수도 있다.

[0033] 거리 정보 획득부(200)는 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각에 대해 보행자의 각 스텝 위치($p_1 \sim p_8$)에서의 거리($r_1 \sim r_M$)를 확인할 수도 있다.

[0034] 이때 각 AP($AP_1 \sim AP_M$)와 보행자 실내 위치 측위 장치까지의 거리($r_1 \sim r_M$)에는 도 1에 도시된 바와 같이, NLOS에 의한 바이어스(bias)(b)가 포함될 수 있다. 그리고 바이어스(b)가 포함된 거리($r_1 \sim r_M$)는 AP($AP_1 \sim AP_M$)와 보행자 실내 위치 측위 장치 사이의 정확한 거리를 나타내지 못한다.

[0035] 이에 로컬 위치 추정부(300)는 이동 패턴 추정부(120)에서 추정된 보행자 이동 패턴을 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각의 위치를 기준으로 하는 로컬 좌표계에서의 로컬 이동 궤적으로 변환하여, 임의로 지정된 보폭(d)과 함께 NLOS에 의한 바이어스(b)를 계산한다.

[0036] 로컬 위치 추정부(300)는 이동 패턴 추정부(120)에서 추정된 보행자의 이동 패턴을 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각의 위치를 원점으로 하는 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적으로 변환하고, 로컬 이동 궤적이 직선 궤적인지 비직선 궤적인지 여부에 따라 서로 다른 방식으로 보폭(d)과 바이어스(b)를 계산한다.

[0037] 도 5는 도 1의 로컬 위치 추정부의 상세 구성의 일 예를 나타내고, 도 6은 로컬 좌표계로 변환된 로컬 이동 궤적의 일 예를 나타낸다.

[0038] 도 5를 참조하면, 로컬 위치 추정부(300)는 로컬 좌표계 변환부(310), 궤적 추정부(320) 및 로컬 초기 위치 계산부(330)를 포함할 수 있다.

[0039] 우선 로컬 좌표계 변환부(310)는 이동 패턴 추정부(120)에서 추정된 보행자의 이동 패턴을 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각의 위치를 원점으로 하고, 글로벌 좌표계의 x, y축 대신 보행자의 이동 궤적에서 초기 이동 방향을 q축 방향으로 하고, q축에 수직인 u축으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하며, 보행자의 이동 패턴의 초기 위치(p_1)가 대응하는 AP(AP_m)와의 거리($r_{m,1}$) 만큼 이격된 위치에 배치되도록 보행자의 이동 패턴을 로컬 좌표계의 로컬 이동 궤적으로 변환한다.

[0040] 로컬 좌표계 변환부(310)는 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각에 대한 로컬 좌표계를 구성하므로, 로컬 이동 궤적 또한 AP($AP_1 \sim AP_M$)의 개수에 대응하는 개수의 로컬 좌표계 상의 궤적으로 나타난다. 즉 M개의 로컬 좌표계와 이에 대응하는 M개의 로컬 이동 궤적이 획득된다.

[0041] 여기서는 설명의 편의를 위하여 M개의 로컬 좌표계 중 하나의 AP(AP_m)에 따른 로컬 좌표계를 일 예로 설명하며, 이에 이하에서는 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$)를 구분하는 식별자(m), 즉 로컬 좌표계에 대한 식별자(m)는 생략하여 기술한다.

[0042] 이때 로컬 좌표계 변환부(310)는 도 6의 (a)와 (b)에 도시된 바와 같이, 보행자의 이동 패턴에서 초기 위치(p_1)에서의 이동 방향이 각 로컬 좌표계의 q축이 되도록 하므로, 로컬 좌표계는 도 4의 글로벌 좌표계에서의 초기 이동 방향(w)이 q축 방향이 되도록 초기 이동 방향(w)에 대응하는 각도만큼 회전된 구성으로 볼 수 있으며, 글로벌 좌표계에서의 N개의 스텝 위치($p_1 \sim p_N$)은 로컬 좌표계에서의 N개의 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)로 다시 표현될 수 있다. 여기서 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$) 각각의 로컬 좌표는 q축과 u축에 따라 ($(q_1, u_1) \sim (q_N, u_N)$)와 같이 표현될 수 있다.

[0043] 따라서 로컬 이동 궤적에 따른 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$) 각각은 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 로컬 좌표(q_1, u_1),

보폭(d)과 바이어스(b) 및 q축을 기준으로 하는 전체 N개의 스텝 각각에서의 회전 각도(θ)를 고려하여 수학식 1과 같이 정리될 수 있다.

수학식 1

$$(q_1 + dc_n)^2 + (u_1 + ds_n)^2 = (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

여기서 $c_n = \sum_{j=1}^{n-1} \cos(\theta_j)$ 이고, $s_n = \sum_{j=1}^{n-1} \sin(\theta_j)$ 이다.

로컬 좌표계 변환부(310)에 의해 M개의 로컬 좌표계가 구성되고 보행자 이동 패턴이 변환되어 로컬 이동 궤적이 적용되면, 궤적 추정부(320)는 이동 패턴 추정부(120)에서 추정된 보행자 이동 패턴이 직선 궤적인지 비직선 궤적인지에 따라 구분하여 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적을 다시 추정함으로써, 보폭(d)과 바이어스(b)를 계산한다.

궤적 추정부(320)는 로컬 스텝 선택부(321), 직선 궤적 추정부(322) 및 비직선 궤적 추정부(323)를 포함할 수 있다.

로컬 스텝 선택부(321)는 우선 로컬 좌표계로 변환된 로컬 이동 궤적에서 전체 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$) 중 로컬 좌표계에 대응하는 AP($AP_1 \sim AP_M$)로부터 기지정된 문턱 거리(r_k) 이내의 로컬 스텝 위치들을 인접 스텝 그룹으로 그룹화하고, 인접 스텝 그룹에 포함된 다수의 로컬 스텝에서 가능한 모든 조합으로 2개씩의 로컬 스텝을 선택한다. 여기서 로컬 스텝 선택부(321)가 인접 스텝 그룹에서 2개씩의 로컬 스텝을 여러 조합으로 선택하여 출력하는 것은 직선 궤적 추정부(322) 및 비직선 궤적 추정부(323)가 보폭(d)과 바이어스(b)를 더 정확하게 계산할 수 있도록 하기 위한 것으로 상세한 설명은 후술하도록 한다.

직선 궤적 추정부(322)는 보행자 이동 패턴이 직선 궤적인 경우에 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적을 추정하여 보폭(d)과 바이어스(b)를 계산하고, 비직선 궤적 추정부(323)는 보행자 이동 패턴이 비직선 궤적인 경우에 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적을 추정하여 보폭(d)과 바이어스(b)를 계산한다.

직선 궤적 추정부(322)는 도 6의 (a)와 같이, 이동 패턴 추정부(120)에서 판별된 보행자 이동 패턴이 직선 궤적인 경우에 활성화되어 로컬 좌표계 상의 보행자 이동 궤적을 추정하여 보폭(d)과 바이어스(b)를 획득한다.

도 6의 (a)와 같이 로컬 이동 궤적이 직선 궤적인 경우, 로컬 좌표계에서 보행자 이동 방향이 q축 방향이므로, $c_n = (n-1)$ 이고, $s_n = 0$ 으로 계산된다. 따라서 수학식 1은 수학식 2로 다시 작성될 수 있다.

수학식 2

$$(q_1 + d(n-1))^2 + u_1^2 = (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

수학식 2는 비선형 방정식으로 이를 해결하기 위해서는 서로 다른 2개의 스텝(n)을 선택하여 대입하고 서로 차감함으로써, 비선형 항목이 제거될 수 있다. 수학식 2에서 n에 임의의 로컬 스텝에 대한 값(a_1)을 대입하여 획득된 수학식을 수학식 2에서 차감하면, 수학식 3과 같이 계산된다.

수학식 3

$$2(n - a_1)q_1d + (n^2 - a_1^2)d^2 = r_n^2 - r_{a_1}^2 - 2b(r_n - r_{a_1}), \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad n \neq a_1$$

유사하게 수학식 2에서 n에 a_1 이 아닌 임의의 로컬 스텝에 대한 값(a_2)을 대입하고 수학식 2에서 차감하여 수학식 3과 유사하게 획득되는 수학식을 수학식 3에서 차감하면, 수학식 4와 같이 계산된다.

수학식 4

$$d^2(a_1 - a_2) + 2b \left(\frac{r_n - r_{a_1}}{n - a_1} - \frac{r_n - r_{a_2}}{n - a_2} \right) = \frac{r_n^2 - r_{a_1}^2}{n - a_1} - \frac{r_n^2 - r_{a_2}^2}{n - a_2}, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad n \neq a_1, a_2$$

[0056]

[0057]

수학식 4는 특정 AP(AP_m)에 대한 로컬 좌표계에서 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$) 중 2개의 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 관한 함수로서, 보폭(d)의 제곱(d^2) 및 바이어스(b)에 대해 선형인 함수이다. 따라서 보폭의 제곱(d^2) 및 바이어스(b)에 대한 선형 방정식을 수학식 5와 같은 행렬식 형태로 구성할 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(S)\mathbf{x} &= \mathbf{b}(S), \quad S = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T \\ \mathbf{A}(S) &= \begin{bmatrix} a_1 - a_2 & 2 \left(\frac{r_1 - r_{a_1}}{1 - a_1} - \frac{r_1 - r_{a_2}}{1 - a_2} \right) \\ \vdots & \vdots \\ a_1 - a_2 & 2 \left(\frac{r_N - r_{a_1}}{N - a_1} - \frac{r_N - r_{a_2}}{N - a_2} \right) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\ \mathbf{b}(S) &= \begin{bmatrix} \frac{r_1^2 - r_{a_1}^2}{1 - a_1} - \frac{r_1^2 - r_{a_2}^2}{1 - a_2} \\ \vdots \\ \frac{r_N^2 - r_{a_1}^2}{N - a_1} - \frac{r_N^2 - r_{a_2}^2}{N - a_2} \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1} \end{aligned}$$

[0058]

[0059]

수학식 5의 행렬은 2개의 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)이 선택됨에 따른 각 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$)에서의 거리($r_1 \sim r_N$)와 선택된 2개의 로컬 스텝(a_1, a_2)에서의 거리(r_{a_1}, r_{a_2}) 사이의 차를 나타낸다. 보폭(d)이 균일하다고 하였으므로, 수학식 5는 수학식 6에 따라 x에 대한 행렬로 계산되어 풀이될 수 있다.

수학식 6

$$\mathbf{x}(S) = [\mathbf{A}(S)^T \mathbf{A}(S)]^{-1} \mathbf{A}(S)^T \mathbf{b}(S)$$

[0060]

[0061]

수학식 6에서 $\mathbf{x} (= [d^2, b]^T)$ 가 해당 AP(AP_m)을 기반으로 하는 로컬 좌표계에서의 보폭(d)과 바이어스(b)에 대한 행렬이므로, 수학식 6의 우변이 계산되면, 보폭(d)과 바이어스(b)를 획득할 수 있다. 이때 획득된 x의 원소는 보폭의 제곱(d^2)이므로 보폭(d)이 2개의 값으로 계산될 수 있으나, 보폭(d)은 양의 값을 가지므로 하나의 값으로 획득될 수 있다.

[0062]

다만 수학식 5의 행렬식은 2개의 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)으로 어떤 스텝이 선택되는지에 따라 계산되는 $\mathbf{x} (= [d^2, b]^T)$ 에 변화가 발생할 수 있다. 이는 각 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$)에서의 거리($r_1 \sim r_N$)에 노이즈 등으로 인한 오차가 포함될 수 있기 때문이다. 따라서 가급적 정확한 $\mathbf{x} (= [d^2, b]^T)$ 를 계산하기 위해서는 정확한 거리($r_1 \sim r_N$)를 측정할 수 있는 적절한 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$)이 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)으로 선택될 필요가 있다.

[0063]

이에 본 실시예에서는 상대적으로 정확한 거리가 획득될 수 있도록 로컬 스텝 선택부(321)가 미리 대응하는 AP(AP_m)으로부터 기지정된 문턱 거리(r_k) 이내의 인접 스텝 그룹에 포함된 다수의 로컬 스텝에서 다양한 조합으로 2개의 로컬 스텝(a_1, a_2)을 추출하여 인가하고, 직선 궤적 추정부(322)는 여러 조합으로 인가된 2개의 로컬

스텝(a_1, a_2) 각각에 대해 수학적 식 6을 계산하여, 각 조합에 따른 보폭(d)과 바이어스(b)를 계산한다. 그리고 각 조합에 따라 계산된 보폭(d)과 바이어스(b)의 중간값을 계산하여, 다수의 AP(AP_m) 각각에 대한 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)를 획득할 수 있다.

[0064] 한편, 비직선 궤적 추정부(323)는 도 6의 (b)와 같이, 이동 패턴 추정부(120)에서 판별된 보행자 이동 패턴이 비직선 궤적인 경우에 활성화되어 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적을 추정하여 보폭(d)과 바이어스(b)를 획득한다.

[0065] 도 6의 (b)와 같이 보행자 이동 패턴이 비직선 궤적인 경우에도 로컬 좌표계에서 보행자 초기 로컬 스텝 위치(z_1)에서의 초기 이동 방향은 q축 방향이지만, 이후 로컬 스텝 위치($z_2 \sim z_N$)에 따른 이동 방향은 변화하게 된다. 여기서 q축 방향으로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1) 방향으로의 각도를 초기 로컬 각도(γ)라고 하면,

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{u_1}{q_1}\right)$$
 이고, 로컬 좌표계의 원점이 되는 AP(AP_m)으로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1)까지의 거리는 $R = \sqrt{q_1^2 + u_1^2}$ 이다. 따라서 수학적 식 1에서 각 로컬 스텝($z_2 \sim z_N$)에서의 회전에 따른 q축을 기준으로 하는 로컬 회전 각도(θ_n)를 추가로 반영하면 수학적 식 7로 다시 작성될 수 있다.

수학적 식 7

$$\begin{aligned} & (q_1 + dc_n)^2 + (u_1 + ds_n)^2 \\ &= R^2 + 2dR \left[\sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) \right] + d^2(c_n^2 + s_n^2) \\ &= (r_n - b)^2, \quad n = 1, 2, \dots, N \end{aligned}$$

[0066]

[0067] 이후 직선 궤적 추정부(322)와 마찬가지로 비직선 궤적 추정부(323) 또한 수학적 식 7에서 n에 임의의 로컬 스텝에 대한 값(a_1)을 대입하여 획득된 수학적 식을 수학적 식 7에서 차감하면, 수학적 식 8이 계산된다.

수학적 식 8

$$2dRf_{n,a_1}(\gamma) + d^2\eta_{n,a_1} = r_n^2 - r_{a_1}^2 - 2b(r_n - r_{a_1}), \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad n \neq a_1$$

[0068]

[0069] 여기서 $f_{n,a}(\gamma) = \sum_{i=1}^{n-1} \cos(\theta_i - \gamma) - \sum_{i=1}^{a_1-1} \cos(\theta_i - \gamma)$ 이고, $\eta_{n,a_1} = (c_n^2 + s_n^2) - (c_{a_1}^2 + s_{a_1}^2)$ 이다.

[0070] 또한 수학적 식 7에서 n에 a_1 이 아닌 임의의 로컬 스텝에 대한 값(a_2)을 대입하여 획득되는 수학적 식을 수학적 식 8에서 차감하면, 비선형항인 $2dRf_{n,a}(\gamma)$ 가 소거되어 수학적 식 9가 획득된다.

수학식 9

$$\begin{aligned} & d^2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)\eta_{n,a_1} - f_{n,a_1}(\gamma)\eta_{n,a_2}]}_{=\alpha_n(\mathbb{S},\gamma)} \\ & + b \cdot 2 \underbrace{[f_{n,a_2}(\gamma)(r_n - r_{a_1}) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n - r_{a_2})]}_{=\beta_n(\mathbb{S},\gamma)} \\ & = \underbrace{f_{n,a_2}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_1}^2) - f_{n,a_1}(\gamma)(r_n^2 - r_{a_2}^2)}_{=\zeta_n(\mathbb{S},\gamma)}, \end{aligned}$$

[0071]

[0072]

수학식 9 또한 특정 AP(AP_m)에 대한 로컬 좌표계에서 다수의 로컬 스텝($z_1 \sim z_N$) 중 2개의 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 관한 함수로서, 보폭의 제곱(d^2) 및 바이어스(b)에 대한 선형 방정식을 수학식 10와 같은 행렬식 형태로 구성할 수 있다.

수학식 10

$$\mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma) \mathbf{x} = \mathbf{b}(\mathbb{S}, \gamma), \quad \mathbb{S} = \{a_1, a_2\}, \quad \mathbf{x} = [d^2, b]^T$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \alpha_1(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots & \vdots \\ \alpha_N(\mathbb{S}, \gamma) & \beta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 2}, \\ \mathbf{b}(\mathbb{S}, \gamma) &= \begin{bmatrix} \zeta_1(\mathbb{S}, \gamma) \\ \vdots \\ \zeta_n(\mathbb{S}, \gamma) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-2) \times 1} \end{aligned}$$

[0073]

[0074]

수학식 10의 해는 수학식 11로 계산된다.

수학식 11

$$\mathbf{x}(\mathbb{S}, \gamma) = [\mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma)^T \mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma)]^{-1} \mathbf{A}(\mathbb{S}, \gamma)^T \mathbf{b}(\mathbb{S}, \gamma)$$

[0075]

[0076]

다만 수학식 6에서는 보폭(d)과 바이어스(b)의 2개의 변수를 계산하기 위한 행렬식인 반면, 수학식 11에서는 보폭(d)과 바이어스(b) 뿐만 아니라 초기 로컬 각도(γ)까지 계산되어야 한다. 이에 비선형 궤적 추정부(323)는 초기 로컬 각도(γ)를 가변하면서 대입하여 수학식 12에 따른 오차(e_2)가 최소가 되도록 하는 초기 로컬 각도($\gamma(\mathbb{S})$)를 획득한다.

수학식 12

$$\gamma(S) = \arg \min e_2(S, \gamma)$$

수학식 12에서 $e_2(S, \gamma) = std(R(S, \gamma))$ 로서, $std()$ 는 표준편차 함수이다. 그리고 $R(S, \gamma) = [R_{1,a_1}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_1}(S, \gamma); R_{1,a_2}(S, \gamma), \dots, R_{N,a_2}(S, \gamma)]$ 이며, 각 임의 로컬 스텝(a_1, a_2) 각각에 대한 $R_{n,a}(S, \gamma)$ 는 수학식 8로부터 수학식 13에 따라 계산될 수 있다.

수학식 13

$$R_{n,a}(S, \gamma) = \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2(r_n - r_a) b(S, \gamma) - (d(S, \gamma))^2 \eta_{n,a}}{2f_{n,a}(\gamma) d(S, \gamma)}$$

수학식 13은 각 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 대해 $n-1$ 개씩 계산되므로, 각 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 대한 $R(S, \gamma)$ 는 $2(n-1)$ 개로 계산되며, 수학식 12에서 오차($e_2(S, \gamma)$)는 각 임의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 대한 $R(S, \gamma)$ 의 분산이므로, 수학식 12는 오차($e_2(S, \gamma)$)가 최소가 되도록 하는 γ 를 탐색하여, 수학식 11에 대입함으로써, 보폭(d)과 바이어스(b)를 획득할 수 있도록 한다.

그리고 비선형 궤도 추정부(323) 또한 로컬 스텝 선택부(321)가 미리 대응하는 $AP(AP_m)$ 으로부터 기지정된 문턱 거리(r_k) 이내의 인접 스텝 그룹에 포함된 다수의 로컬 스텝에서 다양한 조합으로 추출한 2개의 로컬 스텝(a_1, a_2)에 대해 수학식 11을 계산하여, 각 조합에 따른 보폭(d)과 바이어스(b)를 획득하고, 획득된 각 조합에 따른 보폭(d)과 바이어스(b)의 중간값을 계산하여, 다수의 $AP(AP_m)$ 각각에 대한 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)를 획득할 수 있다.

즉 궤적 추정부(320)는 보행자 이동 패턴이 다수의 $AP(AP_1 \sim AP_M)$ 각각의 로컬 좌표계 상의 궤적으로 나타난 로컬 이동 궤적에서, 원점에 위치하는 $AP(AP_m)$ 로부터의 임의의 로컬 스텝(a_1, a_2)과 나머지 로컬 스텝의 거리 변화에 기반하여 보폭(d^*)과 바이어스(b^*)를 획득한다.

로컬 초기 위치 계산부(330)는 궤적 추정부(320)에서 추정된 직선 및 비직선 궤적에 따른 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)를 기반으로 로컬 이동 궤적의 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^*, u_1^*)을 계산하여 획득한다.

로컬 초기 위치 계산부(330)는 직선 궤적 추정부(322)에서 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)가 획득된 경우, 수학식 3으로부터 궤적의 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^*, u_1^*)을 각각 수학식 14 및 15에 따라 계산하여 획득할 수 있다.

수학식 14

$$q_1^*(S) = \frac{\sum_{a \in S} \sum_{n \in N, n \neq a} \frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S)(r_n - r_a) - (n^2 - a^2)(d^*(S))^2}{2(n-a)d^*(S)}}{2(N-1)}$$

수학식 15

$$u_1^*(S) = \frac{1}{N} \sum_{n \in \mathbb{N}} \left(r_n^2 - 2r_n b^*(S) + (b^*(S))^2 - (q_1(S))^2 + 2nq_1(S)d^*(S) + n^2(d^*(S))^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

[0086]

[0087] 수학식 15에서 u_1^* 는 u_1^2 에서 계산되는 값이므로, 부호의 모호성이 발생하게 되지만 이는 후술하는 글로벌 위치 추정부(400)에 의해 해소될 수 있다.

[0088] 그리고 로컬 초기 위치 계산부(330)는 비직선 궤적 추정부(323)에서 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)가 획득된 경우, 수학식 8에 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)를 대입하여 궤적의 초기 로컬 스텝 위치(z_1)의 좌표값(q_1^* , u_1^*)에 관한 일차 방정식을 수학식 16과 같이 획득한다.

수학식 16

$$\begin{aligned} & q_1(c_n - c_a) + u_1(s_n - s_a) \\ = & \underbrace{\frac{r_n^2 - r_a^2 - 2b^*(S) \cdot (r_n - r_a) - (d^*(S))^2 \eta_{n,a}}{2d^*(S)}}_{=g_{n,a}(S)} \end{aligned}$$

[0089]

[0090] 그리고 수학식 16을 행렬식 형태로 변환하면, 수학식 17로 표현된다.

수학식 17

$$\begin{aligned} & H(S)z_1 = g(S) \\ & H(S) = [H_{a_1}; H_{a_2}], \quad g(S) = [g_{a_1}(S); g_{a_2}(S)], \quad z_1 = [q_1; u_1], \\ & H_a = \begin{bmatrix} c_1 - c_a & s_1 - s_a \\ \vdots & \vdots \\ c_N - c_a & s_N - s_a \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-1) \times 2}, \\ & g_a(S) = \begin{bmatrix} g_{1,a}(S) \\ \vdots \\ g_{N,a}(S) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^{(N-1) \times 1} \end{aligned}$$

[0091]

[0092] 수학식 17로부터 비직선 궤적에서 초기 로컬 스텝 위치(z_1)는 수학식 18에 따라 계산될 수 있다.

수학식 18

$$z_1 = [H(S)^T H(S)]^{-1} H(S) g(S)$$

[0093]

[0094] 상기한 로컬 위치 추정부(300)는 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각을 원점으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 구성하고,

보행자 이동 패턴을 다수의 로컬 좌표계 각각에서의 로컬 이동 궤적으로 변환한 후, 직선 궤적인지 비직선 궤적인지 여부에 따라 구분하여, 각 AP(AP₁ ~ AP_M)와 대응하는 로컬 이동 궤적 상의 각 로컬 스텝 위치(z₁ ~ z_N) 사이의 거리(r₁ ~ r_N)를 기반으로 보폭(d)과 바이어스(b) 및 초기 로컬 스텝 위치(z₁)의 좌표값(q₁, u₁)을 계산하였다.

[0095] 다만 로컬 위치 추정부(300)에서 계산된 각 로컬 스텝 위치(z₁ ~ z_N)는 각 AP(AP₁ ~ AP_M)에 따른 로컬 좌표계에서의 위치 좌표이다. 따라서 글로벌 위치 추정부(400)는 다수의 로컬 좌표계 상의 좌표 값으로 계산된 다수의 각 로컬 스텝 위치(z₁ ~ z_N)를 글로벌 좌표계 상의 위치 좌표값으로 변환한다.

[0096] 로컬 위치 추정부(300)에서 다수의 로컬 좌표계 각각에서의 초기 로컬 스텝 위치(z₁)와 보폭(d)이 계산되었으므로, 다수의 AP(AP₁ ~ AP_M) 중 제m AP(AP_m)을 기준으로 측정한 n번째 로컬 스텝 위치(z_n)는 z_n^{(m)*} 이라 할 수 있다. 그리고 제m AP(AP_m)의 글로벌 좌표계에서의 위치를 P_{AP}^(m) 이라 하고, 보행자의 초기 이동 방향을 w라 하면, 글로벌 위치 추정부(400)는 제m AP(AP_m)에 따른 로컬 좌표계 상의 로컬 스텝 위치(z_n^{(m)*})를 수학적 식 19에 따라 글로벌 좌표 상에서의 보행자 이동 패턴에 따른 스텝 위치(p_n^(m)(w))를 계산할 수 있다.

수학적 식 19

$$p_n^{(m)}(w) = p_{AP}^{(m)} + \begin{pmatrix} \cos(w) & -\sin(w) \\ \sin(w) & \cos(w) \end{pmatrix} z_n^{(m)*}$$

[0097]

[0098] 수학적 식 19는 제m AP(AP_m)를 기반으로 추정된 보행자 이동 궤적에 따른 위치(p_n^(m)(w))로서, 다수의 AP(AP₁ ~ AP_M) 각각에서 각 로컬 스텝 위치(z₁ ~ z_N)가 올바르게 추정되었다면, 모든 AP(AP₁ ~ AP_M)에 대해 수학적 식 19에 따라 계산되는 보행자 이동 궤적에 따른 위치(p_n^(m)(w))가 동일해야 하므로, 수학적 식 20을 만족하는 하나의 w*가 계산된다.

수학적 식 20

$$p_n = p_n^{(1)}(w^*) = p_n^{(2)}(w^*) = \dots = p_n^{(M)}(w^*)$$

[0099]

[0100] 만일 수학적 식 20을 만족하면, 글로벌 위치 추정부(400)는 초기 방향(w*)을 수학적 식 19에 대입하여 계산된 위치(p_n^(m)(w*))를 보행자 이동 궤적으로 결정한다.

[0101] 그러나 각 AP(AP₁ ~ AP_M)에 따라 계산되는 각 로컬 스텝 위치(z₁ ~ z_N)에는 오류가 존재할 수 있어, w가 동일하지 않게 계산될 수 있다.

[0102] 이 경우, 글로벌 위치 추정부(400)는 다시 보행자 이동 패턴이 직선 이동 궤적인 경우와 비직선 이동 궤적인 경우 구분하여 글로벌 좌표계에서의 초기 위치(p₁)와 초기 이동 방향(w)을 정확하게 추정한다.

[0103] 도 7은 글로벌 위치 추정부가 직선 이동 궤적에서 초기 위치와 초기 이동 방향을 추정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0104] 도 7의 제1 AP(AP₁)을 기준으로 다른 2개의 AP(AP₂, AP₃)와의 글로벌 좌표계에서 발생한 오차를 도시하였다. 직선 이동 궤적에서는 수학적 식 15에서 설명한 바와 같이, 초기 위치(q₁, u₁) 중 u₁* 에서 부호의 모호성이 발생할 수 있다.

[0105] 즉 직선 이동 궤적에서 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)는 u_1^* 에서 부호의 모호성에 따라 수학식 21로 표현되는 Z_+ 와 Z_- 으로 구분되어 획득될 수 있다.

수학식 21

$$\begin{aligned} Z_+ &= \{[q_n^*, u_n^*] | q_n^* = q_1^* + (n-1)d, \quad u_n^* = +u_1^*, \quad \forall n \in \mathbb{N}\} \\ Z_- &= \{[q_n^*, u_n^*] | q_n^* = q_1^* + (n-1)d, \quad u_n^* = -u_1^*, \quad \forall n \in \mathbb{N}\} \end{aligned}$$

[0107] 이로 인해 도 7의 (a) 및 (b)에 도시된 바와 같이, w 가 동일하지 않게 계산될 수 있다.

[0108] 상기한 모호성을 해소하기 위해서는 AP의 개수가 최소 3개 이상이어야 하며, 만약 n 개의 AP가 존재한다면, 각 AP에 대해 2개씩의 모호성이 존재하기 때문에 $2n$ 개의 모호성이 발생하게 된다. 다만 글로벌 좌표계 상의 2개의 AP(AP_{m1} , AP_{m2}) 상대 거리와 대응하는 로컬 좌표계 상의 로컬 스텝 위치($z_n^{(m1)}$, $z_n^{(m2)}$) 들 사이의 상대 거리는 동일해야 한다는 수학식 22를 이용하여 이러한 모호성을 해소할 수 있다.

수학식 22

$$\begin{aligned} &\|z_n^{(m1)*} - z_n^{(m2)*}\| \\ &= \|p_{AP}^{(m1)} - p_{AP}^{(m2)}\|, \quad \forall n \in \mathbb{N}, \quad \forall m_1, m_2 \in \mathbb{M} \end{aligned}$$

[0110] 수학식 22로부터 기준 AP(AP_r)의 위치($P_{AP}^{(r)}$)와 다른 AP(AP_r)의 위치($P_{AP}^{(m)}$) 사이의 거리는 기준 AP(AP_r)에 대한 로컬 스텝 위치($z_n^{(r)}$)와 다른 AP(AP_r)에 대한 로컬 스텝 위치($z_n^{(m)}$)와 동일해야 하므로, 수학식 23 및 수학식 24에 따라 모호성을 갖는 변수를 $y_+^{(r)}$ 과 $y_-^{(r)}$ 의 2개로 줄일 수 있다.

수학식 23

$$\begin{aligned} \psi_1 &= \|p_{AP}^{(r)} - p_{AP}^{(m)}\| - \|z_n^{(r)*} - z_n^{(m)*}\| = 0, \\ &\forall n \in \mathbb{N}, \quad z_n^{(r)*} \in Z_+^{(r)}, \quad z_n^{(m)*} \in Z_+^{(m)} \end{aligned}$$

수학식 24

$$\begin{aligned} \psi_2 &= \|p_{AP}^{(r)} - p_{AP}^{(m)}\| - \|z_n^{(r)*} - z_n^{(m)*}\| = 0, \\ &\forall n \in \mathbb{N}, \quad z_n^{(r)*} \in Z_-^{(r)}, \quad z_n^{(m)*} \in Z_+^{(m)} \end{aligned}$$

[0113] 글로벌 위치 추정부(400)는 수학식 23이 성립하는 경우, $y_+^{(r)}$ 집합에 $z_+^{(r)}$ 을 추가하고, $y_-^{(r)}$ 집합에 $z_-^{(r)}$ 을 추가한다. 그러나 수학식 22가 성립하는 경우, $y_+^{(r)}$ 집합에 $z_-^{(r)}$ 을 추가하고, $y_-^{(r)}$ 집합에 $z_+^{(r)}$ 을 추가한다. 이 경우, 초기 이동 방향(w)은 두 모호성 집합($y_+^{(r)}$, $y_-^{(r)}$)에 따른 오차($e_3^{(r)} = \min(e_3^{(r)}(w; y_+^{(r)}), e_3^{(r)}(w; y_-^{(r)}))$)가 최소

가 되도록, 수학식 25을 만족하는 초기 이동 방향(w^*)으로 획득한다.

수학식 25

$$e_3^{(r)}(\omega; \mathcal{Y}^{(r)}) = \sum_{i,j \in \mathbb{F}} \sum_{n=1}^N \left\| \mathbf{p}_n^{(i)}(\omega; \mathcal{Y}^{(r)}) - \mathbf{p}_n^{(j)}(\omega; \mathcal{Y}^{(r)}) \right\|,$$

$$\mathcal{Y}^{(r)} \in \{\mathcal{Y}_+^{(r)}, \mathcal{Y}_-^{(r)}\}$$

반면, 비직선 이동 궤적에 대해 글로벌 위치 추정부(400)는 각 AP($AP_1 \sim AP_M$)에서 계산된 위치(p_n) 사이의 누적

오차($e_3(\omega) = \sum_{i,j \in \mathbb{F}} \sum_{n=1}^N \left\| \mathbf{p}_n^{(i)}(\omega) - \mathbf{p}_n^{(j)}(\omega) \right\|$)가 최소가 되도록 수학식 26를 만족하는 초기 이동 방향(w^*)을 획득한다.

수학식 26

$$\omega^* = \arg \min_{\omega \in [0, 2\pi)} e_3(\omega)$$

여기서 $\mathbb{F} = \left\{ m \mid \min_{n \in \mathbb{N}} [r_n^{(m)} - b^{(m)*}] > 0, \quad d^{(m)*} > 0, \quad \mathbf{z}_1^{(m)*} \in \mathbb{R}, \quad m \in \mathbb{M} \right\}$ 이다.

결과적으로 본 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 장치는 보행자 실내 위치 측위 장치가 구비한 IMU 센서를 기반으로 획득된 보행자 이동 패턴을 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$)와의 무선 신호를 기반으로 획득되는 거리를 기반으로 하는 로컬 좌표계 상의 로컬 이동 궤적으로 변환하여, 각 로컬 좌표계 상에서 보폭(d)과 NLOS 등으로 인해 발생하는 바이어스(b)를 계산하고, 계산된 보폭(d)과 바이어스(b)에 따라 각 로컬 좌표계에서의 로컬 이동 궤적을 정밀하게 재추정한 후, 각 로컬 좌표계에서의 추정된 로컬 이동 궤적을 글로벌 좌표계 상에서 일치시킴으로써 정확한 보행자 이동 궤적을 추정할 수 있다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 보행자 실내 위치 측위 방법을 나타낸다.

도 1 내지 도 7을 참조하여, 도 8의 보행자 실내 위치 측위 방법을 설명하면, 우선 가속도 센서(111)와 자이로 센서(112)를 포함하는 IMU 센서를 이용하여 센싱 신호를 획득한다(S11). 그리고 획득된 센싱 신호를 기반으로 보행자의 스텝에 따른 다수의 스텝 위치($p_1 \sim p_N$) 및 각 스텝에서의 회전 각도(μ)를 분석하여 보행자 이동 패턴을 판별한다(S12). 이때 각 스텝 위치($p_1 \sim p_N$)간 간격을 나타내는 보행자의 보폭(d)은 기지정된 각 스텝에서 균일한 기지정된 간격인 것으로 가정한다.

또한 주변 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각과 무선 신호를 송수신하여, 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각으로부터 보행자 실내 위치 측위 장치까지의 거리($r_1 \sim r_M$)를 측정한다(S13). 여기서는 각 스텝 위치($p_1 \sim p_N$)에서의 거리($r_1 \sim r_M$)를 측정할 수도 있다.

보행자 이동 패턴과 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각에 대한 거리($r_1 \sim r_M$)가 획득되면, 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각을 원점으로 하고 초기 스텝 위치(p_1)에서의 이동 방향을 좌표계의 1축으로 하는 다수의 로컬 좌표계를 설정하여, 보행자 이동 패턴을 로컬 좌표계의 로컬 이동 궤적으로 변환한다(S14).

그리고 각 로컬 좌표계에서 로컬 이동 궤적의 다수의 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$) 중 AP 즉 원점으로부터 기지정된 문턱 거리(r_k) 이내에 위치하는 스텝 위치에 대응하는 스텝(n)을 AP 인접 로컬 스텝으로 선택한다(S15).

이후 보행자 이동 패턴 또는 로컬 이동 궤적이 직선 이동 궤적인지 비직선 이동 궤적인지 판별한다(S16).

만일 직선 이동 궤적인 것으로 판별되면, AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의의 스텝(a_1, a_2)을 다양한 조합으로 선택하여, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에

기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭(d)과 바이어스(b)를 수학적 식 6에 따라 추정한다(S17). 이때, 선택되는 2개의 스텝(a_1, a_2)의 조합에 따라 보폭(d)과 바이어스(b)가 각각 다수개로 획득되는 경우, 획득된 보폭(d)과 바이어스(b)의 중간값을 계산하여 대표 보폭(d^*)과 대표 바이어스(b^*)를 획득할 수도 있다.

[0126] 그리고 로컬 좌표계에서 직선 이동 궤적에서의 보폭(d)과 바이어스(b)가 획득되면, 획득된 보폭(d)과 바이어스(b), 적어도 하나의 임의 스텝(a_1, a_2)과 각 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)에서의 AP와의 거리 사이의 차이를 기반으로 직선 이동 궤적의 로컬 좌표계 상의 초기 로컬 스텝 위치(z_1)를 수학적 식 14 및 15에 따라 추정한다(S18).

[0127] 한편, 비직선 이동 궤적인 것으로 판별되면, 대응하는 AP로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1)까지의 거리(R)와 로컬 좌표계의 1축으로부터 초기 로컬 스텝 위치(z_1) 방향으로의 각도인 초기 로컬 각도(γ)를 설정하고, AP 인접 로컬 스텝에서 서로 다른 2개의 임의 스텝(a_1, a_2)을 다양한 조합으로 선택하여, 선택된 스텝에서의 대응하는 AP와의 거리차와 나머지 스텝과의 대응하는 AP와의 거리차에 기반하여 로컬 좌표계 상에서 직선 이동 궤적에 따른 보폭(d)과 바이어스(b)를 수학적 식 11에 따라 추정한다(S19). 이와 함께 추정된 보폭(d)과 바이어스(b)를 기반으로 기지정된 방식으로 계산되는 오차가 최소가 되도록 하는 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)를 획득한다.

[0128] 이후 획득된 보폭(d)과 바이어스(b) 및 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)를 기반으로 수학적 식 18에 따라 비직선 이동 궤적의 로컬 좌표계 상의 초기 로컬 스텝 위치(z_1)를 추정한다(S20).

[0129] 다수의 AP($AP_1 \sim AP_M$) 각각에 대한 다수의 로컬 좌표계에서 초기 로컬 스텝 위치(z_1), 보폭(d)과 바이어스(b) 및 초기 로컬 각도($\gamma(S)$)가 획득되어 로컬 이동 궤적이 확인되면, 각 AP(AP_m)에 따른 로컬 이동 궤적 상의 각 로컬 스텝 위치($z_1 \sim z_N$)를 글로벌 좌표계 상의 스텝 위치($p_1^{(m)} \sim p_N^{(m)}$)로 다시 변환한다(S21). 그리고 글로벌 좌표계로 변환된 스텝 위치($p_1^{(m)} \sim p_N^{(m)}$)들의 위치가 일치하는지 판별한다(S22). 만일 일치한다면, 글로벌 좌표계에서 보행자의 이동 궤적이 정확하게 추정된 것이므로, 다시 IMU 센서로부터 센싱 신호를 획득한다(S11). 그러나 일치하지 않는다면, 글로벌 좌표계에서 보행자의 이동 궤적에 오차가 발생한 것으로 판별하여, 글로벌 스텝 위치의 오차를 보상한다(S23). 이때 글로벌 스텝 위치의 오차 또한 직선 이동 궤적인지 비직선 이동 궤적인지에 따라 구분하여 보상을 수행할 수 있으며, 로컬 이동 궤적이 글로벌 좌표계로 변환되는 과정에서 회전 각도(w)에 오차가 발생한 것으로 판단하여 회전 각도(w)의 오차를 보상한다. 여기서 회전 각도(w)는 보행자의 초기 위치(p_1)와 x축을 기준으로 하는 초기 이동 방향(w)으로 볼 수 있다.

[0130] 만일 직선 이동 궤적이면, 초기 로컬 스텝 위치(z_1)에 대한 제2 축 방향 좌표값의 추정 시에 부호의 모호성에 의해 발생한 것으로 판단하여, 글로벌 좌표계에서의 서로 다른 AP(AP_r, AP_m)의 위치($P_{AP}^{(r)}, P_{AP}^{(m)}$) 사이의 거리와 AP(AP_r, AP_m) 따른 서로 다른 로컬 좌표계에서 각 부호별 로컬 스텝 위치($(z_1^{(r)} \sim z_N^{(r)}), (z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)})$) 사이의 거리를 비교하여 가급적 동일한 거리가 되도록 하는 로컬 스텝 위치($z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)}$)를 선택하고, 이에 따라 각 로컬 좌표계에서의 회전 각도(w)를 설정하여 글로벌 스텝 위치의 오차를 보상할 수 있다.

[0131] 반면, 비직선 이동 궤적의 경우, 각 로컬 이동 궤적에 따른 로컬 스텝 위치($z_1^{(m)} \sim z_N^{(m)}$)를 글로벌 좌표계로 변환한 스텝 위치 사이의 차이가 최소가 되도록 각 로컬 좌표계에서의 회전 각도(w)를 설정하여 글로벌 스텝 위치의 오차를 보상할 수 있다.

[0132] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0133] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0134] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

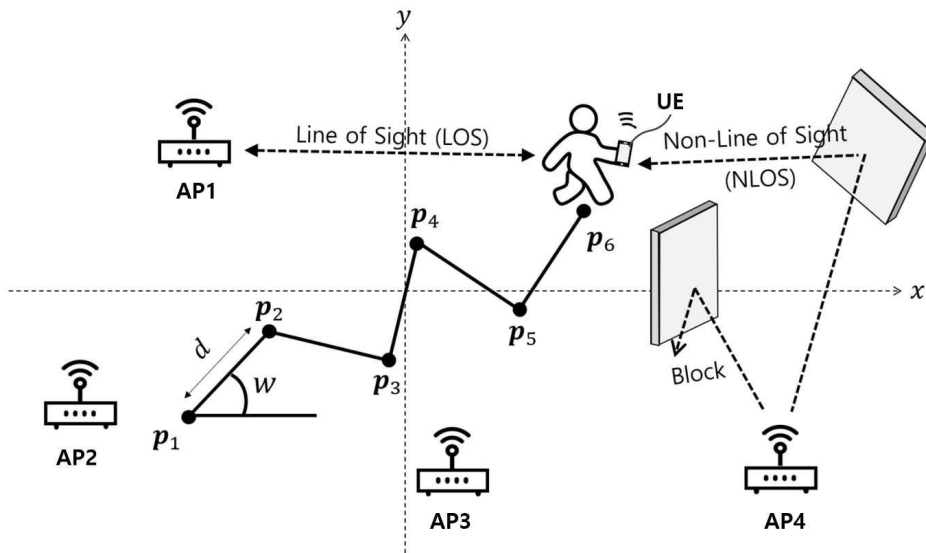
부호의 설명

[0135]

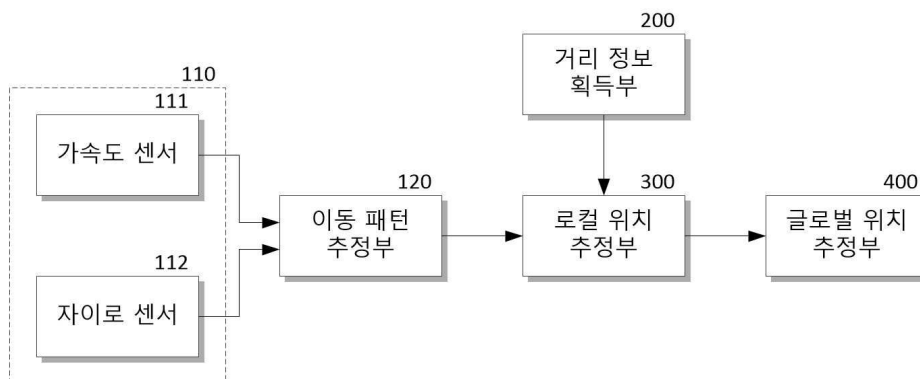
100: IMU 이동 추정부	110: 센서부
111: 가속도 센서	112: 자이로 센서
120: 이동 패턴 추정부	200: 거리 정보 획득부
300: 로컬 위치 추정부	310: 로컬 좌표계 변환부
320: 궤적 추정부	330: 로컬 초기 위치 계산부
400: 글로벌 위치 추정부	

도면

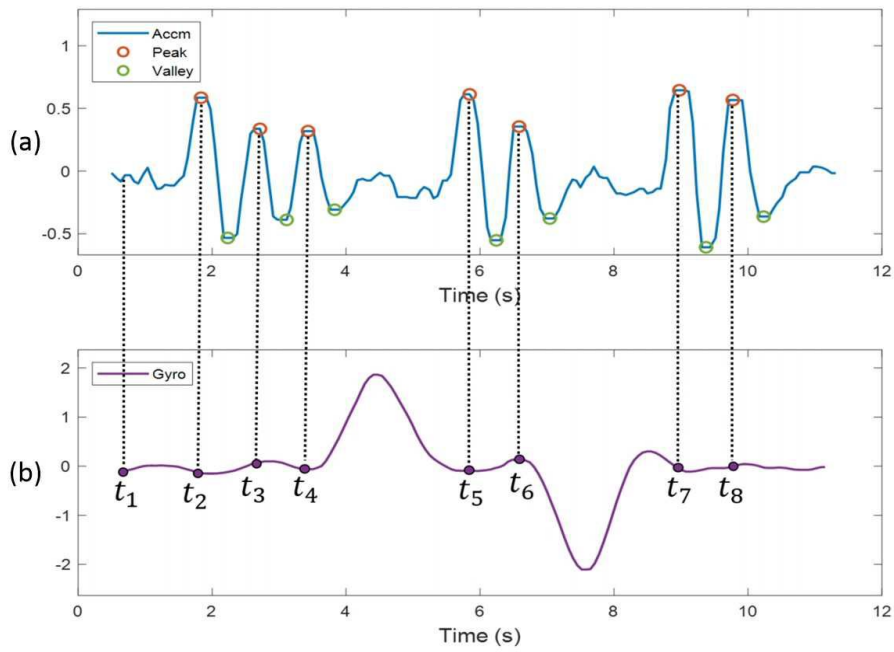
도면1



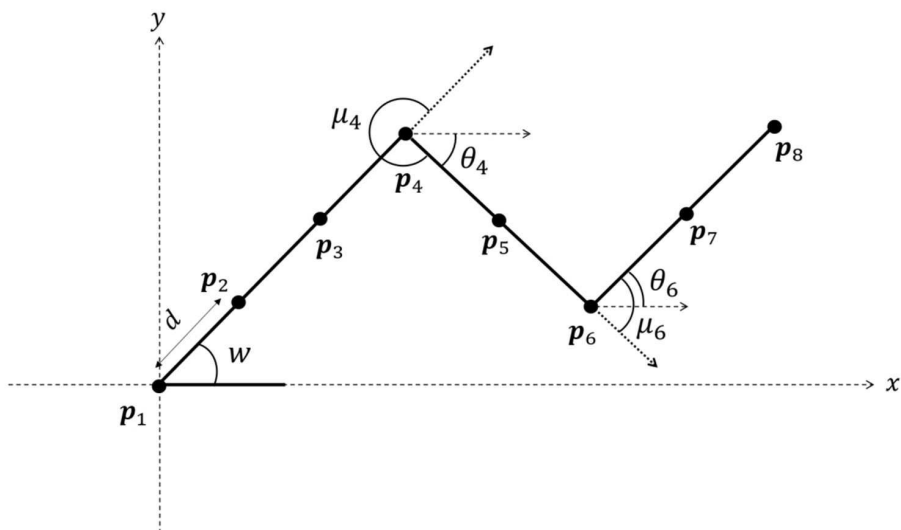
도면2



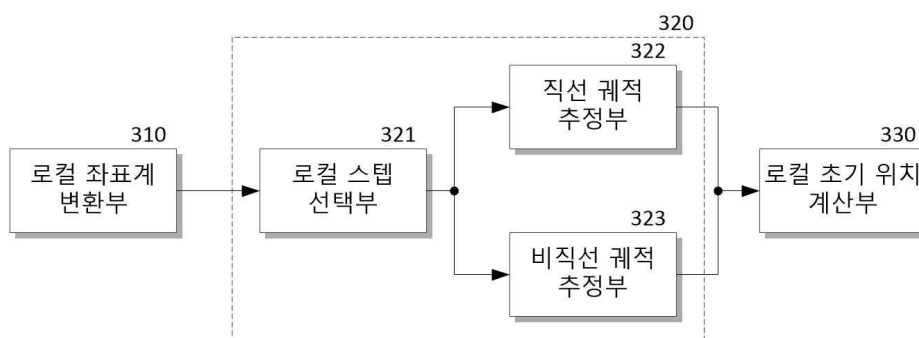
도면3



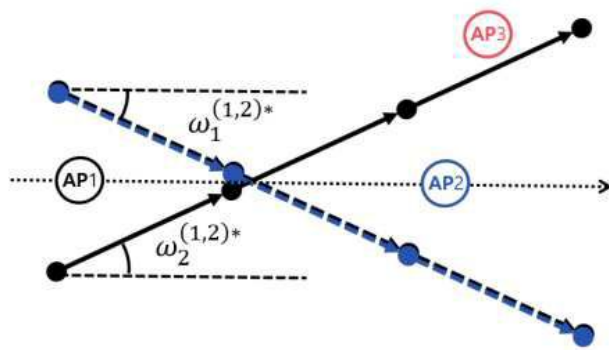
도면4



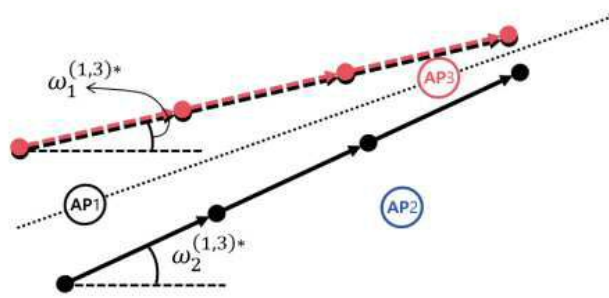
도면5



도면7



(a)



(b)

도면8

