(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0111091
(43) 공개일자 2018년10월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01S 5/04 (2006.01) *G01S 5/00* (2006.01)
H04W 64/00 (2009.01)
(52) CPC특허분류
G01S 5/04 (2013.01)
G01S 5/0063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0041529
(22) 출원일자 2017년03월31일
심사청구일자 2017년03월31일

(71) 출원인
(주)와이파이브
대전광역시 유성구 대학로 82, 404호(궁동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
성태경
대전광역시 유성구 배울2로 114, 1106동 502호(용산동, 대덕테크노밸리11단지아파트)
임정민
충청북도 옥천군 동이면 세산4길 35-6
(74) 대리인
특허법인 공간

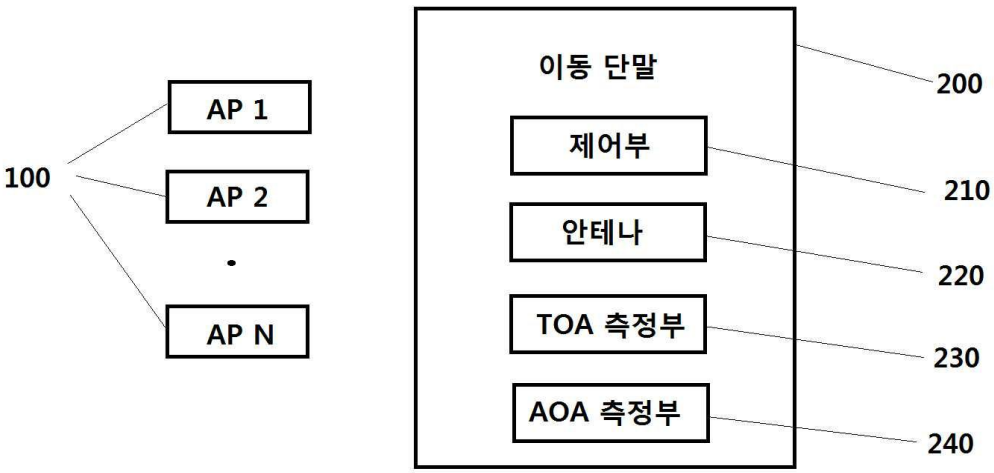
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **FLAOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명에 의한 위치 추정 장치는, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치로서, 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, TOA 측정치를 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정한 후, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
H04W 64/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10067426
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업현장핵심기술수시개발(산업경쟁력강화)
연구과제명 통신겸용 고정밀 산업용 무선 위치 센서 개발
기 여 율 1/1
주관기관 유캐스트
연구기간 2016.08.01 ~ 2017.07.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치로서,

상기 이동 단말은 3개 이상의 안테나를 포함하여 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향을 측정할 수 있고,

상기 이동 단말은 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 측정할 수 있으며,

상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 상기 TOA 측정치를 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정한 후, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있으면,

AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정한 후, 추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

TOA 측정치를 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정할 때는, 다음의 수식을 이용하고,

$$\begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T b \quad \text{----(2)}$$

$$A = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) & (y_2 - y_1) & (z_2 - z_1) \\ (y_3 - y_1) & (y_3 - y_1) & (z_3 - z_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (y_N - y_1) & (y_N - y_1) & (z_N - z_1) \end{bmatrix} \quad \text{------(3)}$$

$$b = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \rho_1^2 - \rho_2^2 + x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 + z_2^2 - z_1^2 \\ \rho_1^2 - \rho_3^2 + x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2 + z_3^2 - z_1^2 \\ \vdots \\ \rho_1^2 - \rho_N^2 + x_N^2 - x_1^2 + y_N^2 - y_1^2 + z_N^2 - z_1^2 \end{bmatrix} \quad \text{------(4)}$$

AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하는

$$T = R_{ned} R_{body}^T (R_{body} R_{ned}^T)^{-1} \quad \text{-----(5)}$$

$$R_{body}=\begin{bmatrix}(x_1-x_u)&(x_2-x_u)&\cdots&(x_N-x_u)\\(y_1-x_u)&(y_2-x_u)&\cdots&(y_N-x_u)\\(z_1-z_u)&(z_2-z_u)&\cdots&(z_N-z_u)\end{bmatrix}$$ ----------(6)

$$R_{ned}=\begin{bmatrix}\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1&\rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2&\cdots&\rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N\\\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1&\rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2&\cdots&\rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N\\\rho_1\sin\beta_1&\rho_2\sin\beta_2&\cdots&\rho_N\sin\beta_N\end{bmatrix}$$ --------(7)

것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하고,

$$T=R_{ned}R_{body}^{T}(R_{body}R_{ned}^{T})^{-1}$$ ----(12)

$$R_{body}=\begin{bmatrix}(x_2-x_1)&(x_3-x_1)&\cdots&(x_N-x_1)\\(y_2-y_1)&(y_3-y_1)&\cdots&(y_N-y_1)\\(z_2-z_1)&(z_3-z_1)&\cdots&(z_N-z_1)\end{bmatrix}$$ -----(13)

$$R_{ned}=\begin{bmatrix}(\rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)&(\rho_3\cos\beta_3\cos\alpha_3-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)&\cdots&(\rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)\\(\rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)&(\rho_3\cos\beta_3\sin\alpha_3-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)&\cdots&(\rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)\\(\rho_2\sin\beta_2-\rho_1\sin\beta_1)&(\rho_3\sin\beta_3-\rho_1\sin\beta_1)&\cdots&(\rho_N\sin\beta_N-\rho_1\sin\beta_1\end{bmatrix}$$

----(14)

추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하는

$$\begin{bmatrix}x_u\\y_u\\z_u\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x_i\\y_i\\z_i\end{bmatrix}-T\begin{bmatrix}\rho_i\cos\beta_i\cos\alpha_i\\\rho_i\cos\beta_i\sin\alpha_i\\\rho_i\sin\beta_i\end{bmatrix}$$ --------(15)

것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 5

다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법으로서,

상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때,

상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 제1 단계;

상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 제2 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 6

다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법으로서,

상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때,

상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 제1 단계;

상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있지 않으면, 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 제2 단계;

상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있으면, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정한 후, 추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 다시 추정하는 제3 단계;

를 수행하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

TOA 측정치를 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정할 때는, 다음의 수식을 이용하고,

$$\begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T b \quad \text{----(2)}$$

$$A = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) & (y_2 - y_1) & (z_2 - z_1) \\ (y_3 - y_1) & (y_3 - y_1) & (z_3 - z_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (y_N - y_1) & (y_N - y_1) & (z_N - z_1) \end{bmatrix} \quad \text{------(3)}$$

$$b = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \rho_1^2 - \rho_2^2 + x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 + z_2^2 - z_1^2 \\ \rho_1^2 - \rho_3^2 + x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2 + z_3^2 - z_1^2 \\ \vdots \\ \rho_1^2 - \rho_N^2 + x_N^2 - x_1^2 + y_N^2 - y_1^2 + z_N^2 - z_1^2 \end{bmatrix}, \quad \text{------(4)}$$

AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하는

$$T = R_{ned} R_{body}^T (R_{body} R_{ned}^T)^{-1} \quad \text{-----(5)}$$

$$R_{body} = \begin{bmatrix} (x_1 - x_u) & (x_2 - x_u) & \cdots & (x_N - x_u) \\ (y_1 - x_u) & (y_2 - x_u) & \cdots & (y_N - x_u) \\ (z_1 - z_u) & (z_2 - z_u) & \cdots & (z_N - z_u) \end{bmatrix} \quad \text{----------(6)}$$

$$R_{ned}=\begin{bmatrix}\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1 & \rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2 & \cdots & \rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N\\ \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1 & \rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2 & \cdots & \rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N\\ \rho_1\sin\beta_1 & \rho_2\sin\beta_2 & \cdots & \rho_N\sin\beta_N\end{bmatrix} \quad \text{--------(7)}$$

것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 제3 단계에서 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하고,

$$T=R_{ned}R_{body}^{T}(R_{body}R_{ned}^{T})^{-1} \quad \text{----(12)}$$

$$R_{body}=\begin{bmatrix}(x_2-x_1) & (x_3-x_1) & \cdots & (x_N-x_1)\\ (y_2-y_1) & (y_3-y_1) & \cdots & (y_N-y_1)\\ (z_2-z_1) & (z_3-z_1) & \cdots & (z_N-z_1)\end{bmatrix} \quad \text{-----(13)}$$

$$R_{ned}=\begin{bmatrix}(\rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) & (\rho_3\cos\beta_3\cos\alpha_3-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) & \cdots & (\rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N-\rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)\\ (\rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) & (\rho_3\cos\beta_3\sin\alpha_3-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) & \cdots & (\rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N-\rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)\\ (\rho_2\sin\beta_2-\rho_1\sin\beta_1) & (\rho_3\sin\beta_3-\rho_1\sin\beta_1) & \cdots & (\rho_N\sin\beta_N-\rho_1\sin\beta_1\end{bmatrix}$$

----(14)

추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정할 때는 다음의 수식을 이용하는

$$\begin{bmatrix}x_u\\ y_u\\ z_u\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}x_i\\ y_i\\ z_i\end{bmatrix}-T\begin{bmatrix}\rho_i\cos\beta_i\cos\alpha_i\\ \rho_i\cos\beta_i\sin\alpha_i\\ \rho_i\sin\beta_i\end{bmatrix} \quad \text{--------(15)}$$

것을 특징으로 하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 FLAOA를 이용한 위치 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 이동 단말의 위치와 방향에 관한 6개의 변수를 추정하는, FLAOA를 이용한 위치 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 실외에서의 위치 추정을 위해서는 현재 GPS장치가 많이 이용되고 있으나, 실내에서는 GPS장치를 사용하기에 적당하지 않으므로, 실내에서 사용할 수 있는 다양한 위치 추정 장치 및 방법이 제안되고 있다.

[0003] 특허문헌 1에 기재된 위치 추장장치 및 방법은 그 예이다.

[0004] 특허문헌 1에는, 순방향 링크(forward link) AOA(angle of arrival)을 이용한 위치 추정 장치 및 방법이 기재되어 있다.

[0005] 만일 FLAOA(순방향 링크 AOA)를 이용하여 이동 단말의 위치 뿐 아니라 방향까지 구할 수 있다면, 로봇의 제어 등에 매우 유용하게 사용할 수 있다.

[0007] 2차원 평면에서는, FLAOA(순방향 링크 AOA)를 이용하여, 다음과 같은 과정을 이용하여 이동단말의 위치와 방향을 알 수 있다.

[0008] 도 1은 3개의 AP와 이동 단말의 위치관계를 표시한 도면이다.

[0009] 도 1과 같이, AP1, AP2, AP3, 이동 단말의 위치를 각각 (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_u, y_u)라 하고, 이동 단말로부터 AP1, AP2, AP3를 향하는 방향의 각도를 각각 ψ_1, ψ_2, ψ_3 라 하고, 이동 단말이 향하는 방향의 각도를 ψ_u 라 하고, 이동 단말이 AP1, AP2, AP3로부터 오는 신호를 수신한 방향의 각도를 측정한 값을 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 이라 하면,

[0010] 측정값 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3으로부터 다음의 과정을 거쳐서 x_u, y_u, ψ_u 를 구할 수 있다.

[0011] 그 과정을 자세히 설명하면,

$$tan\varphi_i = \tan(\psi_i - \psi_u) = \frac{\tan\psi_i - \tan\psi_u}{1 + \tan\psi_i \tan\psi_u}$$

[0012]

[0013] 이므로, 위의 식에 다음 식을 대입하면

$$\tan\psi_i = \frac{y_u - y_i}{x_u - x_i}$$

[0014]

[0015] 다음의 식이 되고

$$tan\varphi_i = \frac{(y_u - y_i) - (x_u - x_i)\tan\psi_u}{(x_u - x_i) + (y_u - y_i)\tan\psi_u}$$

[0016]

[0017] 위의 식을 다시 정리하면 다음의 식과 같다. (단, $\psi_u = \alpha_u$)

$$(x_u - x_i)\tan\varphi_i + (y_u - y_i)\tan\alpha_u \tan\varphi_i = (y_u - y_i)\tan\alpha_i - (x_u - x_i)\tan\alpha_u$$

[0018]

[0019] 여기에 $r = \tan\alpha_u$ 을 대입하면, 다음과 같은 식이 된다.

$$(x_u + y_u r)\tan\varphi_i + x_u r - y_u - (x_i + y_i \tan\varphi_i)r = x_i \tan\varphi_i - y_i$$

[0020]

[0021] 위의 식에서 $p = x_u + y_u r$ 및 $q = x_u r - y_u$ 로 치환하면, 다음의 식이 된다.

$$-(x_i + y_i \tan\varphi_i)r + \tan\varphi_i\, p + q = x_i \tan\varphi_i - y_i$$

[0022]

[0023] 위의 식에 관한 n개의 측정치를 행렬로 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} -(x_1 + y_1\tan\varphi_1) & \tan\varphi_1 & 1 \\ -(x_2 + y_2\tan\varphi_2) & \tan\varphi_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -(x_n + y_n\tan\varphi_n) & \tan\varphi_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r \\ p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1\tan\varphi_1 - y_1 \\ x_2\tan\varphi_2 - y_2 \\ \vdots \\ x_n\tan\varphi_n - y_n \end{bmatrix}$$

[0024]

[0025] 위의 식으로부터 r, p, q 의 값을 구할 수 있고, r, p, q 의 값을 알면 다음의 식에 의해 x_u, y_u, ψ_u (단, $\psi_u = \alpha_u$)를 구할 수 있다.

[0026] $$x_u = \frac{p + rq}{1 + r^2}, \quad y_u = \frac{rp - q}{1 + r^2}, \quad \alpha_u = \tan^{-1} r$$

[0027] 위와 같이, 2차원에서는, FLAOA 측정값 ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 으로부터 이동 단말의 좌표 x_u , y_u 와 이동 단말의 방향 ψ_u 를 구할 수 있으나, 3차원에서는 다르다.

[0028] 3차원에서는 이동 단말의 위치와 방향에 관한 변수가 6개(이동 단말의 위치에 관한 변수 3개, 이동 단말의 방향에 관한 변수 3개)가 존재한다. 그리고 하나의 이동 단말에서 하나의 AP로 향하는 방향을 측정하면, 도 2와 같이 2개의 측정값 θ_1, θ_2 이 측정된다. 도 2는 3개의 안테나를 갖는 이동 단말과 AP의 위치관계를 표시한 도면이다.

[0029] (이때, 안테나 1에서 안테나 2와 안테나 3으로 향하는 각도가 수직을 이루면, 방위각 α, 앙각 β는 수식 $\cos\theta_1 = \cos\beta \cos\alpha$, $\cos\theta_2 = \cos\beta \sin\alpha$ 의 수식에 의해 구해질 수 있다.)

[0031] 따라서 이론적으로는 3개 이상의 AP를 향하는 방향에 대한 측정값을 구하면 6개 이상의 수식이 나오므로, 6개의 변수값을 구하는 것이 가능하다.

[0032] 그러나 실제로 3개 이상의 AP를 향하는 방향에 대한 측정값으로부터 6개의 변수값을 구하려 하면, 수식이 너무 복잡하여, 6개의 변수값을 구할 수가 없다. 즉, 종래의 기술로는 FLAOA측정값을 이용하여 이동 단말의 위치와 방향에 관한 6개의 변수값을 구할 수 없다.

[0033] 따라서, 3차원에서 다수의 AP를 향하는 방향에 대한 측정값으로부터 이동 단말의 위치 및 방향에 관한 6개의 변수값을 구하는 수단이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0035] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 한국 공개특허공보 KR 10-2008-0078576 A (공개일자: 2008. 08. 27.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0036] 본 발명의 목적은, 다수의 AP로부터의 FLAOA 측정값을 이용해 이동 단말의 위치와 방향을 구함에 있어서, 저가의 센서를 이용하여 용이하게 이동 단말의 위치와 방향을 구할 수 있도록 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0037] 본 발명에 의한 위치 추정 장치는, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 장치로서, 상기 이동 단말은 3개 이상의 안테나를 포함하여 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향을 측정할 수 있고, 상기 이동 단말은 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 측정할 수 있으며, 상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 상기 TOA 측정치를 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정한 후, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 것을 특징으로 한다.

[0038] 상기 위치 추정 장치에 있어서, 상기 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있으면, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정한 후, 추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0039] 본 발명에 의한 위치 추정 방법은, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용

한 위치 추정 방법으로서, 상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 제1 단계; 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 제2 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0040] 본 발명의 다른 실시예에 의한 위치 추정 방법은, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법으로서, 상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 제1 단계; 상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있지 않으면, 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 제2 단계; 상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있으면, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정한 후, 추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 다시 추정하는 제3 단계;를 수행하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0042] 본 발명은, 다수의 AP로부의 FLAOA 측정값을 이용해 이동 단말의 위치와 방향을 구함에 있어서, 저가의 센서를 이용하여 용이하게 이동 단말의 위치와 방향을 구할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도 1은 3개의 AP와 이동 단말의 위치관계를 표시한 도면

도 2는 3개의 안테나를 갖는 이동 단말과 AP의 위치관계를 표시한 도면

도 3은 본 발명에 의한 위치 추정 장치의 개념도의 예

도 4는 롤각, 피치각, 요각의 방향을 표시한 도면

도 5는 네비게이션 프레임과 바디 프레임의 관계를 표시한 도면

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0045] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0047] 아래에서는 본 발명을 첨부된 도면을 통해 더욱 상세히 설명한다.

[0049] 본 발명은 측정값(이동 단말에서 AP 까지의 거리, 이동 단말에서 AP 를 향하는 방향)으로부터 이동 단말의 위치와 자세를 추정하기 위한 것이다.

[0050] 도 3은 본 발명에 의한 위치 추정 장치의 개념도의 예이다.

[0051] 도 3의 위치 추정 장치는 다수의 AP(100)와 이동 단말(200)을 포함한다.

[0052] 이동 단말(200)은 제어부(210), 안테나(220), TOA 측정부(230), AOA 측정부(240)를 포함한다.

[0053] 제어부(210)는 이동 단말(210)의 모든 동작을 제어하는 장치이다.

[0054] 안테나(220)는 다수의 AP(100)로부터 오는 신호를 수신하기 위한 것이다.

[0055] TOA 측정부(230)는 안테나(220)로 수신된 신호를 이용하여 TOA값을 측정하는 장치이다.

[0056] AOA 측정부(240)는 안테나(220)로 수신된 신호를 이용하여 AOA값을 측정하는 장치이다.

[0057] 이동 단말에서 AP 까지의 거리를 측정하기 위해 TOA 를 이용하는 방법, 이동 단말에서 AP 를 향하는 방향을 측정하기 위해 AOA 를 이용하는 방법은 이미 공지되어 있으므로, 자세한 설명은 생략한다.

[0059] 도 4는 롤각, 피치각, 요각의 방향을 표시한 도면이고, 도 5는 네비게이션 프레임과 바디 프레임의 관계를 표시한 도면이다.

[0060] 이동 단말이 있을 때, 이동 단말이 향하는 방향은 도 4과 같이 표시하는 것이 일반적이다. 즉 롤(roll)각, 피치(pitch)각, 요(yaw)각을 이용하여 이동 단말이 향하는 방향을 표시할 수 있다. 도 4에서는 이동 단말의 모양을 비행기로 표시하였으나, 롤(roll)각, 피치(pitch)각, 요(yaw)각을 표시할 때 물체의 모양을 비행기로 표시하는 것이 일반적이기 때문에 비행기로 표시한 것이고, 이동 단말의 모양이 비행기 모양으로 한정되는 것은 아니다.

[0061] 이동 단말의 위치와 방향을 표시할 때, 그 값은 네비게이션 프레임(navigation frame, ned frame)으로 표시할 수도 있고, 바디 프레임(body frame)으로도 표시할 수 있다.

[0062] 바디 프레임(body frame)은 움직이는 물체(본 발명에서는 이동 단말이 움직이는 물체)를 기준으로 한 프레임이고, 네비게이션 프레임(navigation frame, ned frame)은 움직이는 물체에 따라 이동하지 않고 고정된 프레임이다.

[0063] 네비게이션 프레임(navigation frame, ned frame)에 의한 좌표값과 바디 프레임(body frame)에 의한 좌표값은, 도 5에서 표시된 바와 같이, 다음의 관계식을 가진다.

[0064] $$\vec{x}_{A_i|ned} - \vec{x}_{u|ned} = \boldsymbol{T}(\vec{x}_{A_i|body} - \vec{x}_{u|body}) = \boldsymbol{T}\vec{x}_{A_i|body}$$

[0065] 위의 관계식에서 ned 는 네비게이션 프레임을 의미하고, body 는 바디 프레임을 의미하고, A_i 는 i번째 AP를 의미하고 u 는 이동 단말을 의미한다. 즉 바디 프레임에서 본 i번째 AP의 위치벡터(행렬)에 프레임 방향 변환 행렬 T 를 곱하면 네비이게션 프레임에서 본 i번째 AP의 위치벡터(행렬)가 계산되어진다.

[0067] 이때 A_i 의 좌표값을 (x_i, y_i, z_i)라 하고, 이동 단말의 좌표값을 (x_u, y_u, z_u)라 하고, 이동 단말에서 A_i 까지의 거리를 ρ_i, 바디 프레임에서 A_i 를 향하는 방향의 방위각과 앙각을 각각 α_i, β_i 라고 하면, 다음의 수식 (1)이 성립한다.

[0068] $$\begin{bmatrix} x_i - x_u \\ y_i - y_u \\ z_i - z_u \end{bmatrix} = \boldsymbol{T} \begin{bmatrix} \rho_i \cos\beta_i \cos\alpha_i \\ \rho_i \cos\beta_i \sin\alpha_i \\ \rho_i \sin\beta_i \end{bmatrix} \quad \text{----(1)}$$

[0069] $$\rho_i = \sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2}$$

[0070] 만일 이동 단말의 방향을 롤각 ϕ, 피치각 Θ, 요각 ψ로 표시할 수 있다면, 위의 식에서 행렬 T는 다음과 같이 구해진다.

[0071]
$$\boldsymbol{T} = \boldsymbol{T}(\psi)\boldsymbol{T}(\theta)\boldsymbol{T}(\phi)$$
$$= \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} \cos\psi\cos\theta & -\sin\psi\cos\phi + \cos\psi\sin\theta\sin\phi & \sin\psi\sin\phi + \cos\psi\sin\theta\cos\phi \\ \sin\psi\cos\theta & \cos\psi\cos\phi + \sin\psi\sin\theta\sin\phi & -\cos\psi\sin\phi + \sin\psi\sin\theta\cos\phi \\ -\sin\theta & \cos\theta\sin\phi & \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}$$

[0073] 위의 수식 (1)을 이용하여, 측정값(이동 단말에서 A_i 까지의 거리, 이동 단말에서 A_i 를 향하는 방향을 바디 프레임에서 측정한 각도)으로부터 이동 단말의 위치와 자세를 추정할 수 있다.

[0074] 이동 단말에서 A_i 를 향하는 방향을 바디 프레임에서 측정한 각도는 다음의 행렬(벡터)로 표시될 수 있다.

[0075]
$$\begin{bmatrix} \cos\beta_i\cos\alpha_i \\ \cos\beta_i\sin\alpha_i \\ \sin\beta_i \end{bmatrix}$$

[0077] 위의 수식 (1)을 이용하여, 측정값(이동 단말에서 A_i 까지의 거리, 이동 단말에서 A_i 를 향하는 방향을 바디 프레임에서 측정한 각도)으로부터 이동 단말의 위치와 자세를 추정할 때, 이동 단말의 위치를 먼저 추정할 수도 있고, 이동 단말의 자세를 먼저 추정할 수도 있다.

[0078] 다음의 실시예 1은 이동 단말의 위치를 먼저 추정하고, 다음의 실시예 2는 이동 단말의 자세를 먼저 추정한다.

[0080] (실시예 1)

[0081] 측정값(이동 단말에서 A_i 까지의 거리, 이동 단말에서 A_i 를 향하는 방향을 바디 프레임에서 측정한 각도)으로부터 다음의 수식 (2) 내지 수식 (4)를 이용하여 이동 단말의 위치 (x_u, y_u, z_u)를 구한다.

[0082]
$$\begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{bmatrix} = (A^T A)^{-1} A^T b \quad \text{----(2)}$$

[0083]
$$A = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) & (y_2 - y_1) & (z_2 - z_1) \\ (y_3 - y_1) & (y_3 - y_1) & (z_3 - z_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (y_N - y_1) & (y_N - y_1) & (z_N - z_1) \end{bmatrix} \quad \text{------(3)}$$

[0084]
$$b = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \rho_1^2 - \rho_2^2 + x_2^2 - x_1^2 + y_2^2 - y_1^2 + z_2^2 - z_1^2 \\ \rho_1^2 - \rho_3^2 + x_3^2 - x_1^2 + y_3^2 - y_1^2 + z_3^2 - z_1^2 \\ \vdots \\ \rho_1^2 - \rho_N^2 + x_N^2 - x_1^2 + y_N^2 - y_1^2 + z_N^2 - z_1^2 \end{bmatrix}, \quad \text{------(4)}$$

[0085] 이때 역행렬이 존재하기 위해서는 거리 측정치(이동 단말에서 A_i 까지의 TOA 측정치)는 4개 이상이 필요하다.

[0087] 만일 위의 수식 (2) 내지 수식 (4)를 이용하여 이동 단말의 위치 (x_u, y_u, z_u)를 구했다면, 다음의 수식 (5) 내지 수식 (7)을 이용하여 행렬 T를 구하고

[0088] $$T = R_{ned} R_{body}^{T} (R_{body} R_{ned}^{T})^{-1}$$ -----(5)

[0089] $$R_{body} = \begin{bmatrix} (x_1 - x_u) & (x_2 - x_u) & \cdots & (x_N - x_u) \\ (y_1 - x_u) & (y_2 - x_u) & \cdots & (y_N - x_u) \\ (z_1 - z_u) & (z_2 - z_u) & \cdots & (z_N - z_u) \end{bmatrix}$$ ----------(6)

[0090] $$R_{ned} = \begin{bmatrix} \rho_1 \cos\beta_1 \cos\alpha_1 & \rho_2 \cos\beta_2 \cos\alpha_2 & \cdots & \rho_N \cos\beta_N \cos\alpha_N \\ \rho_1 \cos\beta_1 \sin\alpha_1 & \rho_2 \cos\beta_2 \sin\alpha_2 & \cdots & \rho_N \cos\beta_N \sin\alpha_N \\ \rho_1 \sin\beta_1 & \rho_2 \sin\beta_2 & \cdots & \rho_N \sin\beta_N \end{bmatrix}$$ --------(7)

[0092] 행렬 T로부터 다음의 관계식을 이용하여 이동 단말의 방향(롤각 ϕ, 피치각 Θ, 요각 ψ)을 구할 수 있다.

[0093] $$\boldsymbol{T} = \boldsymbol{T}(\psi)\boldsymbol{T}(\theta)\boldsymbol{T}(\phi)$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \cos\psi\cos\theta & -\sin\psi\cos\phi + \cos\psi\sin\theta\sin\phi & \sin\psi\sin\phi + \cos\psi\sin\theta\cos\phi \\ \sin\psi\cos\theta & \cos\psi\cos\phi + \sin\psi\sin\theta\sin\phi & -\cos\psi\sin\phi + \sin\psi\sin\theta\cos\phi \\ -\sin\theta & \cos\theta\sin\phi & \cos\theta\cos\phi \end{bmatrix}$$

[0095] 예를 들어, 다음의 수식 (8)을 이용하여 구할 수 있다.

[0096] $$\theta = \sin^{-1}(-T_{31});\ \phi = \sin^{-1}\left(\frac{T_{32}}{\cos\theta}\right);\ \psi_u = \sin^{-1}\left(\frac{T_{21}}{\cos\theta}\right)$$ --(8)

[0098] 실시예 1의 위치 추정 방법은, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법으로서, 상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 다음의 단계를 포함한다.

[0099] (1) 제1 단계: 상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 단계

[0100] (2) 제2 단계: 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 단계

[0102] (실시예 2)

[0103] 측정값(이동 단말에서 A_i 까지의 거리, 이동 단말에서 A_i 를 향하는 방향을 바디 프레임에서 측정한 각도)으로부터 먼저 행렬 T를 구해야 한다.

[0105] 바디 프레임에서 A_i 를 향하는 방향의 측정치가 다음의 수식 (9)와 같이 표시된다고 할 때,

[0106]
$$\begin{bmatrix} x_i - x_u \\ y_i - y_u \\ z_i - z_u \end{bmatrix} = \boldsymbol{T} \begin{bmatrix} \rho_i \cos\beta_i \cos\alpha_i \\ \rho_i \cos\beta_i \sin\alpha_i \\ \rho_i \sin\beta_i \end{bmatrix}$$

----(9)

[0108] A_i 를 향하는 방향의 측정치에서 A_j 를 향하는 방향의 측정치를 빼면 다음의 수식 (10)이 구해진다.

[0109]
$$\begin{bmatrix} x_i - x_j \\ y_i - y_j \\ z_i - z_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_i - x_u) - (x_j - x_u) \\ (y_i - y_u) - (y_j - y_u) \\ (z_i - z_u) - (z_j - z_u) \end{bmatrix} = T(\rho_i \begin{bmatrix} \cos\beta_i \cos\alpha_i \\ \cos\beta_i \sin\alpha_i \\ \sin\beta_i \end{bmatrix} - \rho_j \begin{bmatrix} \cos\beta_j \cos\alpha_j \\ \cos\beta_j \sin\alpha_j \\ \sin\beta_j \end{bmatrix})$$

[0110] ----(10)

[0111] N개의 측정치에 대해서 수식 (10)을 정리하면, 다음의 수식 (11)과 같이 된다.

[0112]
$$\begin{bmatrix} (x_2 - x_1)\,(x_3 - x_1) \cdots (x_N - x_1) \\ (y_2 - y_1)\,(y_3 - y_1) \cdots (y_N - y_1) \\ (z_2 - z_1)\,(z_3 - z_1) \cdots (z_N - z_1) \end{bmatrix}$$

$$= T(\begin{bmatrix} (\rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2 - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)\,(\rho_3\cos\beta_3\cos\alpha_3 - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) \cdots (\rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) \\ (\rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2 - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)\,(\rho_3\cos\beta_3\sin\alpha_3 - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) \cdots (\rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) \\ (\rho_2\sin\beta_2 - \rho_1\sin\beta_1) \qquad (\rho_3\sin\beta_3 - \rho_1\sin\beta_1) \qquad \cdots \qquad (\rho_N\sin\beta_N - \rho_1\sin\beta_1) \end{bmatrix}$$

[0113] ------(11)

[0115] 이때, 행렬 T는 다음의 수식 (12) 내지 수식 (14)에 의해, 구해질 수 있다.

[0116]
$$T = R_{ned} R_{body}^T (R_{body} R_{ned}^T)^{-1}$$

----(12)

[0117]
$$R_{body} = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1)\,(x_3 - x_1) \cdots (x_N - x_1) \\ (y_2 - y_1)\,(y_3 - y_1) \cdots (y_N - y_1) \\ (z_2 - z_1)\,(z_3 - z_1) \cdots (z_N - z_1) \end{bmatrix}$$

-----(13)

[0118]
$$R_{ned} = \begin{bmatrix} (\rho_2\cos\beta_2\cos\alpha_2 - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1)\,(\rho_3\cos\beta_3\cos\alpha_3 - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) \cdots (\rho_N\cos\beta_N\cos\alpha_N - \rho_1\cos\beta_1\cos\alpha_1) \\ (\rho_2\cos\beta_2\sin\alpha_2 - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1)\,(\rho_3\cos\beta_3\sin\alpha_3 - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) \cdots (\rho_N\cos\beta_N\sin\alpha_N - \rho_1\cos\beta_1\sin\alpha_1) \\ (\rho_2\sin\beta_2 - \rho_1\sin\beta_1) \qquad (\rho_3\sin\beta_3 - \rho_1\sin\beta_1) \qquad \cdots \qquad (\rho_N\sin\beta_N - \rho_1\sin\beta_1 \end{bmatrix}$$

[0119] ----(14)

[0121] 이때 역행렬이 존재하기 위해서는 4개의 AP로부터의 측정치가 필요하다.

[0123] 행렬 T가 정해지면, 이동 단말의 방향(롤각 ϕ, 피치각 Θ, 요각 Ψ)을 구할 수 있고, 이동 단말의 위치 (x_u, y_u, z_u)는 다음의 수식 (15)에 의해 구할 수 있다.

[0124] $$\begin{bmatrix} x_u \\ y_u \\ z_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} - T \begin{bmatrix} \rho_i \cos\beta_i \cos\alpha_i \\ \rho_i \cos\beta_i \sin\alpha_i \\ \rho_i \sin\beta_i \end{bmatrix} \quad \text{--------(15)}$$

[0126] (실시예 2)는 측정된 각도의 오차가 작아야만 하므로 근거리용으로만 사용할 수 있다. 그러나 (실시예1)은 측정된 각도의 오차가 크더라도 어느 정도 정확한 추정이 가능하므로 원거리용으로 적당하다.

[0127] 따라서 실시예 1에 의해 먼저 이동 단말의 위치를 추정한 후, 위치가 원거리에 있으면(이동 단말의 위치가 AP들로부터 소정 기준치 이상 거리가 떨어져 있으면) 실시예 1에 의해 이동 단말의 방향을 추정하고, 위치가 근거리에 있으면 실시예 2에 의해 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 수도 있다.

[0129] 본 발명에 의한 다른 실시예에 의한 위치 추정 방법은, 다수의 AP와 이동 단말을 포함하는 위치 추정 장치를 이용하는 FLAOA를 이용한 위치 추정 방법으로서, 상기 이동 단말의 위치와 방향을 추정할 때, 다음의 단계를 포함한다.

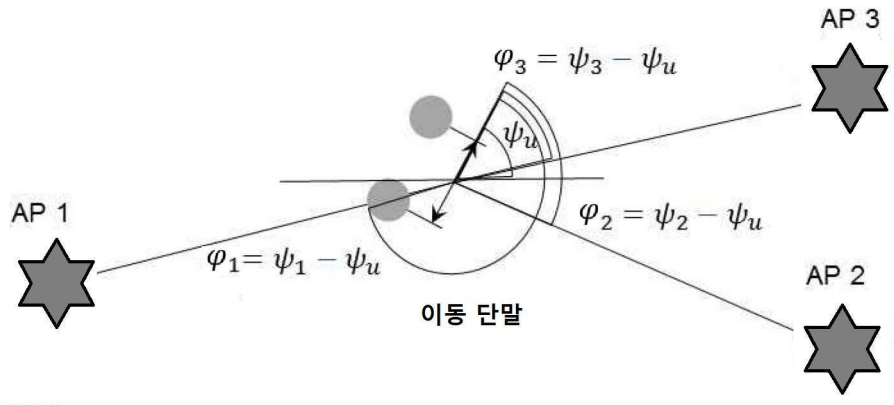
[0130] (1) 제1 단계: 상기 이동 단말이 TOA 측정치를 이용하여 상기 AP로부터의 거리를 알아낸 후 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 추정하는 단계

[0131] (2) 제2 단계: 상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있지 않으면, 상기 AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정하는 단계

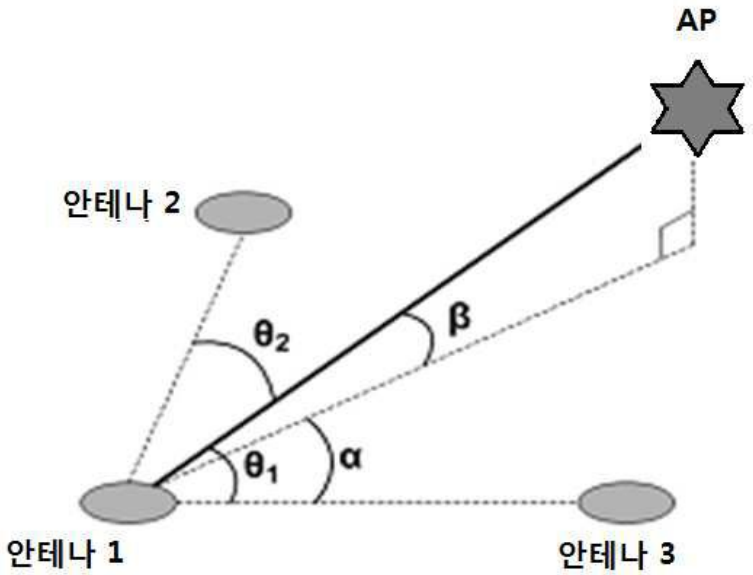
[0132] (3) 제3 단계: 상기 제1 단계에서의 이동 단말의 위치에 관한 추정값이 상기 AP로부터 일정 거리 범위 내에 있으면, AP로부터 수신되는 신호의 수신 방향 측정치를 이용하여 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수를 추정한 후, 추정된 이동 단말의 방향에 관한 3개의 변수와 하나의 AP까지의 거리 측정값을 이용하여 이동 단말의 위치에 관한 3개의 변수를 다시 추정하는 단계

도면

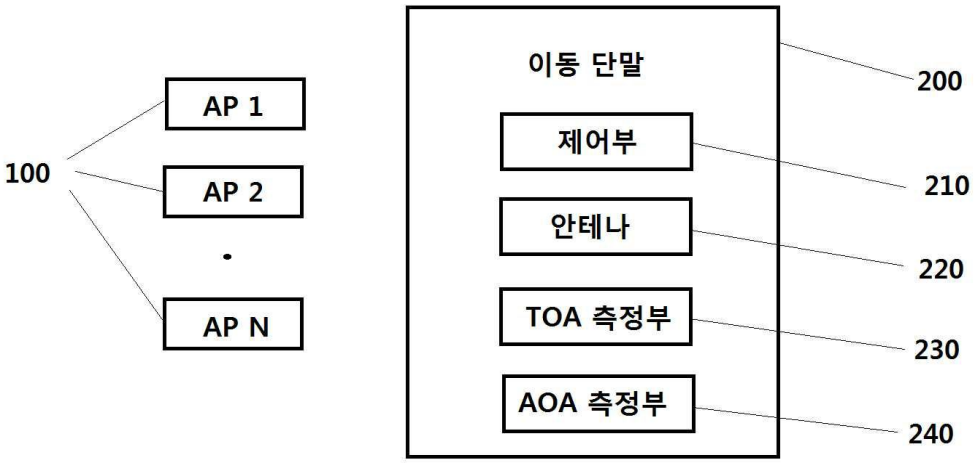
도면1



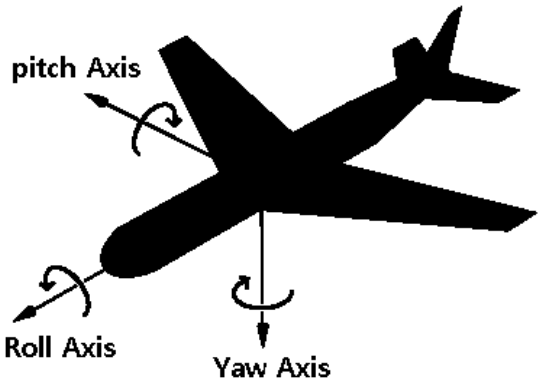
도면2


AP
안테나 2
θ2
β
θ1
α
안테나 1
안테나 3

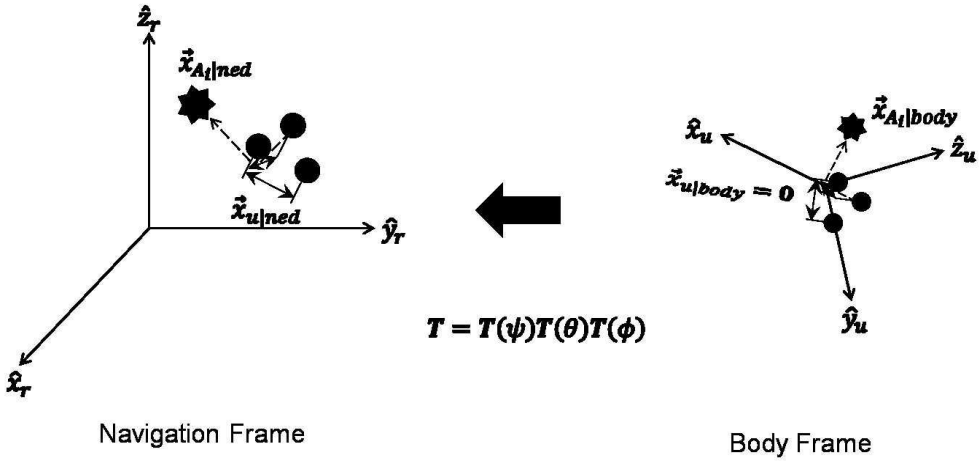
도면3


100
AP 1
AP 2
AP N
이동 단말
제어부
안테나
TOA 측정부
AOA 측정부
200
210
220
230
240

도면4


pitch Axis
Roll Axis
Yaw Axis

도면5


$\hat{z}_T$
$\vec{x}_{A_t|ned}$
$\vec{x}_{u|ned}$
$\hat{y}_T$
$\hat{x}_T$
$T = T(\psi)T(\theta)T(\phi)$
$\hat{x}_u$
$\vec{x}_{A_t|body}$
$\hat{z}_u$
$\vec{x}_{u|body} = 0$
$\hat{y}_u$
Navigation Frame
Body Frame