(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0078576
(43) 공개일자 2008년08월27일

(51) Int. Cl.
G01S 5/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0015835
(22) 출원일자 2008년02월21일
심사청구일자 2008년02월21일
(30) 우선권주장
1020070018550 2007년02월23일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 궁동 220번지 충남대학교
(72) 발명자
유원필
울산 남구 신정동 현대문수로아이파크아파트 205동 701호
안효성
대전 서구 내동 165 서우아파트 102-404
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이화익, 권태복

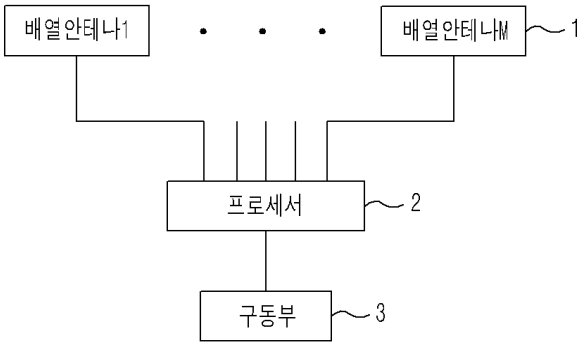
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법

(57) 요 약

본 발명은 순방향 링크(forward link) AOA(angle of arrival)를 이용한 위치 추정 장치 및 방법에 관한 것으로서, 단말이 센서에서 발사한 신호를 수신하여 위치를 추정하는 순방향 링크 방식으로 각도를 이용하여 측위를 수행하는 AOA 방법을 제공한다. 이 같은 AOA 방법을 사용하기 위해서는 수신단에 배열안테나(array antenna)가 필요하다. 기존, 수신단이 센서망이 되는 역방향 링크(reverse link) 방식의 경우 배열안테나로 인해 센서의 설비에 부담이 가중되는 단점에 대비하여, 본 발명에서는 순방향 링크(forward link) 방식을 사용할 경우 센서망의 크기를 줄일 수 있으며, 단말이 배열안테나를 통하여 측정치를 획득할 경우 단말의 위치와 함께 지향 각도를 구할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라서 향후 모바일(mobile) 로봇시장이 활성화될 경우 로봇의 위치 및 각도를 구하는 방법으로 사용할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

성태경

대전 유성구 궁동 220 충남대학교 정보통신공학과

김동혁

대전 유성구 궁동 220 충남대학교 정보통신공학과

노기홍

전북 익산시 주현동 223-10

송승헌

대전 중구 선화동 149-22

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2005-S-092-02
부처명	정보통신부
연구사업명	IT신성장동력핵심기술개발사업
연구과제명	USN 기반 Ubiquitous Robotic Space 기술 개발
주관기관	한국전자통신연구원
연구기간	2005.03.01~2008.02.29

특허청구의 범위

청구항 1

일정간격으로 배열되어, 기준점에 대응하여 고정된 위치값을 갖는 센서로부터 전달된 신호를 수신하는 다수의 배열안테나; 및

상기 다수의 배열안테나로부터 전달된 신호를 처리하여 상기 기준점에 대응하는 자신의 위치 및 방위를 산출하는 프로세서를 포함하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 프로세서로부터 전달된 신호에 의해 목적지로의 이동과 관련된 구동이 이루어지는 구동부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치.

청구항 3

고정된 센서로부터 전달된 신호를 다수의 배열안테나에서 수신하는 단계; 및

상기 수신된 신호를 프로세서에서 처리하여 자신의 위치를 산출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 자신의 방위를 산출하여 자세 제어를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 수신된 신호중 이웃하는 신호 2개에 대해, 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method) 또는 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법을 이용하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 가우스 뉴턴 방법은 자신의 위치 및 방위를 선형화 기준점으로 재설정하고 위치 및 방위 산출 과정을 반복하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 가우스 뉴턴 방법에 의한 해가 발산하는 경우 닫힌 해 해결 방법을 이용하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

청구항 8

제3항 또는 제4항에 있어서, 상기 프로세서로부터 전달된 신호에 의해 구동부에서 목적지로의 이동과 관련된 구동이 이루어지는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 움직이는 주체인 단말이 배열안테나를 가지고 각 센서로부터의 신호를 수신하여 단말의 위치 및 방위를 추정하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법에 관한 것이다.

<2> 본 발명은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT차세대핵심기술개발사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다[과제관리번호: 2005-S-092-02, 과제명: USN 기반 Ubiquitous Robotic Space 기술 개발].

배 경 기 술

<3> 측위 방법은 크게, 시각기반 측정치를 이용하는 TOA(Time of Arrival), TDOA(Time Difference of Arrival) 방법과 각도기반 측정치를 이용하는 AOA(Angle Of Arrival) 방법으로 나눌 수 있다.

<4> 시간기반 측정치를 사용하는 TOA, TDOA 방법으로 고정밀 측위 정확도를 만족하기 위해서는 센서망의 정확한 시각 동기화가 필요하다. 특히 수십cm급의 정확도를 요구하는 시스템의 경우 망의 시각 동기를 나노초(nsec) 이하로 동기 하여야 한다. 이는 매우 어려우며 비용이 많이 소요된다.

<5> 각도기반 측정치를 사용하는 AOA 방법의 경우에는 정확한 시각동기 없이 수십cm급의 측위 시스템을 구현할 수 있다. 하지만 AOA 방법은 수신단에 배열안테나를 설치하여 수신된 신호의 방위각을 측정하여야 한다. 기존의 AOA를 이용한 측위 방법의 경우, 도 4에서 보는 바와 같이, 역방향 링크(reverse link)를 이용한 방법이 사용되어 왔다. 역방향 링크를 이용한 측위 방법은 수신단인 센서들이 배열안테나를 가지고 있어야 단말로부터 오는 신호를 수신하여 방위각을 계산할 수 있다.

<6> 이에 따라, 수신단이 센서망이 되는 역방향 링크(reverse link) 방식의 경우, 배열안테나로 인해 센서의 설비에 부담이 가중되는 문제점이 있었다. 또한, 센서의 크기는 일정 크기 이상 작게 설계할 수 없는 문제점도 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 따라서, 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로서, 본 발명의 목적은 움직이는 주체인 단말에 배열안테나를 설치하고 센서로부터 전달된 신호를 이용하여 단말의 위치 및 방위를 추정하는 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

<8> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치는, 일정간격으로 배열되어, 기준점에 대응하여 고정된 위치값을 갖는 센서로부터 전달된 신호를 수신하는 다수의 배열안테나; 및 상기 다수의 배열안테나로부터 전달된 신호를 처리하여 상기 기준점에 대응하는 자신의 위치 및 방위를 산출하는 프로세서를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

<9> 이때, 상기 프로세서로부터 전달된 신호에 의해 목적지로의 이동과 관련된 구동이 이루어지는 구동부를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<10> 한편, 본 발명의 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법은, 고정된 센서로부터 전달된 신호를 다수의 배열안테나에서 수신하는 단계; 및 상기 수신된 신호를 프로세서에서 처리하여 자신의 위치를 산출하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

<11> 이때, 상기 위치를 산출한 후, 자신의 방위를 산출하여 자세 제어를 수행하는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

<12> 또한, 상기 프로세서로부터 전달된 신호에 의해 구동부에서 목적지로의 이동과 관련된 구동이 이루어지는 단계를 더 포함하는 것이 바람직하다.

효 과

<13> 상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

<14> 1. 단말의 크기 및 동작의 제한이 작은 시스템일 경우 순방향 링크를 통하여 센서의 설비 부담을 줄일 수 있다. 즉, 단말에 배열안테나를 설치할 경우 센서의 크기를 줄일 수 있고 보다 간단하게 설계할 수 있다. 이와 같이, 단말에 배열안테나를 설치하여도 큰 문제가 없는 시스템의 경우 순방향 링크를 사용함으로써 효율적인 운용이 가능하다.

<15> 2. 정확한 망동기 없이 고정밀 시스템을 구현할 수 있으며, 단말의 위치와 각도를 동시에 획득할 수 있다.

<16> 3. 지능형 로봇 서비스 및 유비쿼터스 환경을 위한 다양한 응용분야에서 활용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<17> 이하, 본 발명의 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치 및 방법에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

<18> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치의 제어회로블록도이다.

<19> 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 위치 추정 장치는 배열안테나(1)를 포함하는데, 이 배열안테나(1)는 일정 간격으로 배열되어, 기준점에 대응하여 고정된 위치값을 갖는 센서로부터 전달된 신호를 수신하는 기능을 수행한다.

<20> 그리고, 다수의 배열안테나(1)는 기준점에 대응하는 자신의 위치 및 방위를 산출하는 프로세서(2)와 접속되어 있다.

<21> 본 발명에서는 여기에 프로세서(2)로부터 전달된 신호에 의해 목적지로의 이동과 관련된 구동이 이루어지는 구동부(3)를 더 포함할 수 있다.

<22> 상기와 같은 구성을 가지는 본 발명의 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법에 대해 설명하기로 한다.

<23> 센서들로부터 전달된 신호를 단말의 배열안테나에서 수신한다.

<24> 수신된 신호를 처리하여, 즉 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method) 또는 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법을 이용하여 최종해를 구한다. 이때, 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method)은 반복연산을 통해 추정치가 수렴할 경우 이를 최종해로 결정하게 되고, 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법은 1회의 연산으로 최종해를 결정하게 된다. 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method) 또는 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법은 아래에서 상세히 설명하기로 한다. 특히, 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method)은 반복연산을 통해 순방향 링크를 사용한 AOA 방식의 위치 추정 오차와 각도 추정 오차를 줄일 수 있다.

<25> 구해진 최종해는 업데이트되거나 저장되어 현재 위치가 갱신되게 된다.

<26> 이와 같이 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 방법을 이용할 경우, 센서망의 크기를 줄일 수 있으며, 단말이 배열안테나를 통하여 측정치를 획득할 경우 단말의 위치와 함께 지향 각도를 구할 수 있는 장점이 있다. 이에 따라서 향후 모바일(mobile) 로봇시장이 활성화될 경우 로봇의 위치 및 각도를 구하는 방법으로 사용할 수 있다.

<27> 또한, 망내 동기화가 되어 있지 않은 시스템 적용되며, 고정밀 실내 측위에 효과적으로 사용될 수 있다.

<28> 도 2는 본 발명에 따른 순방향 링크를 이용한 AOA 방법에서 센서망과 단말의 관계를 나타낸 도면이다.

<29> 도 2에 도시된 바와 같이, 기준 좌표계에서 센서들(S_1, S_2, S_3)이 설치된 위치와 각 센서들이 단말과 이루는 각도를 나타낸 것으로서, 센서들의 좌표값 x_i, y_i는 이미 알고 있는 값이다. 단말에서 측정되는 각도 측정치는 φ_i로 얻어진다. 위치를 추정할 단말의 좌표는 x, y이며 기준 좌표계와 단말이 이루는 각도는 α_U이다.

<30> 도 3은 단말의 배열안테나가 수신된 신호로부터 측정치를 획득하는 과정을 설명하는 도면으로서,

<31> 두 개의 안테나에 수신된 신호의 잡음을 v_{1i}, v_{2i}, 수신된 신호의 거리차 l에 수신된 잡음을 v_i라 하며, 측정치 φ_i는 다음 식(1)과 같이 표현된다.

$$d\cos(\varphi_i + n_{\varphi i}) = l_i + v_i,\ 0 < \varphi_i < \pi$$

$$v_i = v_{1i} - v_{2i}$$

$$n_{\varphi i} \cong -\frac{v_i}{d\sin\varphi_i}$$

<32>

<33> $$\varphi_i = \cos^{-1}(l_i / d) \quad \text{--- 식(1)}$$

<34> 각 안테나에 수신된 잡음이 i.i.d.(independent and identically distributed) 제로 평균 가우시안 노이즈

(Zero Mean Gaussian Noise)이고 σ^2 의 분산을 가진다고 가정하면 잡음의 기대값은 다음과 같다.

$$E\{v_i\}=0, \qquad E\{v_i^2\}=2\sigma^2$$
$$E\{n_{\varphi i}\}=0, \qquad E\{n_{\varphi i}^2\}=\frac{2\sigma^2}{d^2\sin^2\varphi_i}$$

<35>

<36> 단말이 이루는 각도와 기준 좌표계와의 관계를 삼각함수로 표현하면 다음 식(2)와 같다.

$$\tan(\varphi_i+\alpha_U)=\frac{y-y_i}{x-x_i}=\frac{\tan\varphi_i+\tan\alpha_U}{1-\tan\varphi_i\tan\alpha_U}, \quad i=1,\cdots,m$$

<37> --- 식(2)

<38> 식(2)는 다음 식(3)과 같이 바꿀 수 있다.

$$s_i=\tan(\varphi_i+n_{\varphi i})=\frac{\tan\varphi_i+\tan n_{\varphi i}}{1-\tan\varphi_i\tan n_{\varphi i}}\cong\frac{\tan\varphi_i+n_{\varphi i}}{1-n_{\varphi i}\tan\varphi_i} \qquad i=1,2,3$$
$$\cong\tan\varphi_i+\frac{1}{\cos^2\varphi_i}n_{\varphi i}=\frac{(y-y_i)-(x-x_i)\tan\alpha_U}{(y-y_i)\tan\alpha_U+(x-x_i)}+\frac{1}{\cos^2\varphi_i}n_{\varphi i}$$
$$=\frac{(y-y_i)-(x-x_i)u}{(y-y_i)u+(x-x_i)}+\frac{1}{\cos^2\varphi_i}n_{\varphi i}\equiv h_i+\frac{1}{\cos^2\varphi_i}n_{\varphi i}$$

<39> --- 식(3)

<40> 식(3)에서 $u=\tan\alpha_u$ 이다.

<41> 1. <u>가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method)</u>

<42> 가우스 뉴턴 방법(Gauss-Newton Method)은 테일러 급수(Taylor Series)를 이용하여 선형화 하고 이를 이용하여 해를 구하는 방법이다. 구하고자 하는 단말의 위치와 각도를 $\mathbf{x}=[x \quad y \quad u]^T$ 라 하면 식(3)은 선형화 기준점 (x_0, y_0)에서 다음 식(4)와 같이 표현된다.

$$h_i(\underline{x})\cong h_i(\underline{x}_0)+\left.\frac{\partial s_i}{\partial x}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}(x-x_0)+\left.\frac{\partial s_i}{\partial y}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}(y-y_0)+\left.\frac{\partial s_i}{\partial u}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}(u-u_0)$$

<43>

$$\left.\frac{\partial s_i}{\partial x}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}=\frac{-(y_0-y_i)(1+u_0^2)}{\{(y_0-y_i)u_0+(x_0-x_i)\}^2}$$
$$\left.\frac{\partial s_i}{\partial y}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}=\frac{(x_0-x_i)(1+u_0^2)}{\{(y_0-y_i)u_0+(x_0-x_i)\}^2}$$
$$\left.\frac{\partial s_i}{\partial u}\right|_{\underline{x}=\underline{x}_0}=\frac{-(x_0-x_i)^2-(y_0-y_i)^2}{\{(y_0-y_i)u_0+(x_0-x_i)\}^2}$$

<44> --- 식(4)

<45> m개의 센서로 위치를 추정할 경우 선형화 기준점과 실제 단말의 차는 다음 식(5)와 같이 표현된다.

$$\delta\mathbf{h} \equiv \begin{bmatrix} \delta h_1(\underline{x}) \\ \vdots \\ \delta h_m(\underline{x}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1(\underline{x}) - h_1(\underline{x}_0) \\ \vdots \\ h_m(\underline{x}) - h_m(\underline{x}_0) \end{bmatrix} = \mathbf{H}_t(\mathbf{x} - \mathbf{x_0}) + \mathbf{v}$$

$$\begin{bmatrix} \left.\frac{\partial h_1}{\partial x}\right|_{\underline{x}_0} & \left.\frac{\partial h_1}{\partial y}\right|_{\underline{x}_0} & \left.\frac{\partial h_1}{\partial u}\right|_{\underline{x}_0} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \left.\frac{\partial h_m}{\partial x}\right|_{\underline{x}_0} & \left.\frac{\partial h_m}{\partial y}\right|_{\underline{x}_0} & \left.\frac{\partial h_m}{\partial u}\right|_{\underline{x}_0} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ u - u_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{\cos^2\varphi_1} n_{\varphi 1} \\ \vdots \\ \frac{1}{\cos^2\varphi_m} n_{\varphi m} \end{bmatrix}$$

<46> --- 식(5)

<47> 노이즈 벡터 v는 제로 평균이다.

$$\mathbf{Q} = E\{\mathbf{v}\mathbf{v}^{\mathrm{T}}\}$$

$$= \frac{2\sigma^2}{d^2} \begin{bmatrix} \frac{1}{\cos^4\varphi_1 \sin^2\varphi_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\cos^4\varphi_2 \sin^2\varphi_2} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{\cos^4\varphi_m \sin^2\varphi_m} \end{bmatrix}$$

<48>

<49> 단말의 위치와 각도는 최소자승법(Least Square)를 이용하여 다음 식(6)과 같이 구한다.

<50> $$\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{H}_t^T \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{H}_t)^{-1} \mathbf{H}_t^T \mathbf{Q}^{-1} \delta\mathbf{h}$$ --- 식(6)

<51> 식(6)에서 얻어지는 단말의 위치와 각도는 대략적인 추정치이다. 이를 보다 정확하게 구하기 위해서는 식(6)에서 구한 추정치를 다시 선형화 기준점으로 설정하고 위의 과정을 반복하는 것이다. 이러한 반복과정에서 식(6)의 추정치가 수렴할 경우 이를 최종해로 결정할 수 있다.

<52> 위의 방법을 적용할 경우 선형화 기준점의 위치가 문제가 된다. 선형화 기준점의 경우 센서들의 위치로 형성되는 센서셀(sensor cell)의 중심으로 설정하고 위의 계산을 수행하는 것이 대부분의 위치에서 보편적으로 적용할 수 있다.

<53> 가우스 뉴턴 방법의 경우 반복과정을 통하여 최종해를 구하는 방법이기 때문에 해가 수렴하지 않고 발산하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 발산하는 경우가 많이 발생하는 시스템의 경우 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법을 이용하여 이를 해결할 수 있다.

<54> **2. <u>닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법</u>**

<55> 닫힌 해 해결(Closed form solution) 방법은 측정치를 조합하여 선형화한 후 이를 이용하여 해를 구하는 방법이다. 이를 위해 식(3)을 다음 식(7)과 같이 바꿀 수 있다.

$$(y - y_i)u\tan\varphi_i + (x - x_i)\tan\varphi_i = (y - y_i) - (x - x_i)u$$

<56> $$(x + uy)\tan\varphi_i - u(y_i\tan\varphi_i + x_i) + ux - y = -y_i + x_i\tan\varphi_i$$ --- 식(7)

<57> 식(7)에서 , $v = x + uy$, $w = ux - y$ 라 하고 $\mathbf{x}' = [u \;\; v \;\; w]^T$ 라 하면 다음 식(8)과 같은 선형화 방정식을 구할 수 있다.

$$\mathbf{z}' = \begin{bmatrix} -y_1 + x_1 \tan(\varphi_1 + n_{\varphi 1}) \\ -y_2 + x_2 \tan(\varphi_2 + n_{\varphi 2}) \\ \vdots \\ -y_m + x_m \tan(\varphi_m + n_{\varphi m}) \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} -y_1 + x_1 \tan\varphi_1 + \dfrac{x_1}{\cos^2\varphi_1} n_{\varphi 1} \\ -y_2 + x_2 \tan\varphi_2 + \dfrac{x_1}{\cos^2\varphi_2} n_{\varphi 2} \\ \vdots \\ -y_m + x_m \tan\varphi_m + \dfrac{x_1}{\cos^2\varphi_m} n_{\varphi m} \end{bmatrix} = \mathbf{H}_{fa} \cdot \mathbf{x}' + \mathbf{J}\mathbf{v}$$

$$= \begin{bmatrix} -(y_1 \tan\varphi_1 + x_1) & \tan\varphi_1 & 1 \\ -(y_2 \tan\varphi_2 + x_2) & \tan\varphi_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ -(y_m \tan\varphi_m + x_m) & \tan\varphi_m & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & x_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & x_m \end{bmatrix} \mathbf{v}$$

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & x_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & x_m \end{bmatrix}$$

<58> --- 식(8)

<59> 식(8)로부터 최소자승법(Least Square)을 이용하여 해는 다음 식(9)과 같이 구한다.

<60> $$\hat{\mathbf{x}}' = (\mathbf{H}_{fa}{}^T (\mathbf{J}\mathbf{Q}\mathbf{J}^T)^{-1} \mathbf{H}_{fa})^{-1} \mathbf{H}_{fa}{}^T (\mathbf{J}\mathbf{Q}\mathbf{J}^T)^{-1} \mathbf{z}'$$ --- 식(9)

<61> 식(9)의 결과를 사용하여 최종적인 단말의 위치와 각도는 다음 식(10)을 이용하여 구한다.

$$\hat{x} = \frac{\hat{v} + \hat{u}\hat{w}}{1 + \hat{u}^2}$$

$$\hat{y} = \frac{\hat{u}\hat{v} - \hat{w}}{1 + \hat{u}^2}$$

<62> $$\hat{\alpha}_U = \tan^{-1}\hat{u}$$ --- 식(10)

<63> 닫힌 해 해결(Closed form solution)의 경우 식(10)으로 구한 해가 최종해가 된다. 따라서 1회의 과정으로 최종해를 구할 수 있다.

<64> 본 발명에서 제시한 순방향 링크 AOA 방식에 의하여 사물의 위치를 결정하는 방법과, 본 발명에서 제시한 순방향 링크 AOA 방식에 의하여 사물의 자세를 결정하는 방법을 응용하여, 비록 연산은 이동형 로봇에서 이루어지지 않더라도 순방향 링크 AOA 방식을 이용한 네트워크를 기반으로 로봇의 위치를 결정할 수도 있을 것이다.

<65> 이상에서 몇 가지 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 반드시 이러한 실시예로 국한되는 것이 아니고 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형실시될 수 있다.

도면의 간단한 설명

<66> 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 순방향 링크 AOA를 이용한 위치 추정 장치의 제어회로블록도,

<67> 도 2는 본 발명에 따른 순방향 링크를 이용한 AOA 방법에서 센서망과 단말의 관계를 나타낸 도면,

<68> 도 3은 본 발명에 따른 배열안테나의 측정원리를 설명하기 위한 도면,

<69> 도 4는 기존의 역방향 링크를 이용한 AOA 방법의 예시를 나타낸 도면이다.

<70> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

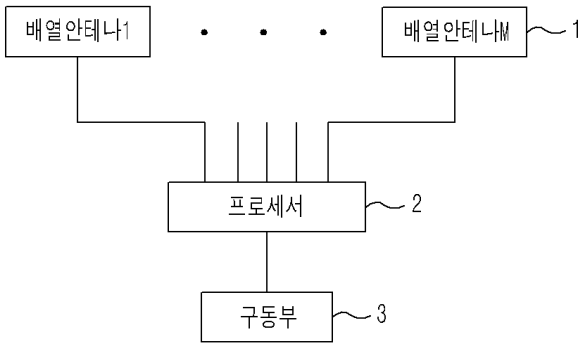
<71> 1 : 배열안테나

<72> 2 : 프로세서

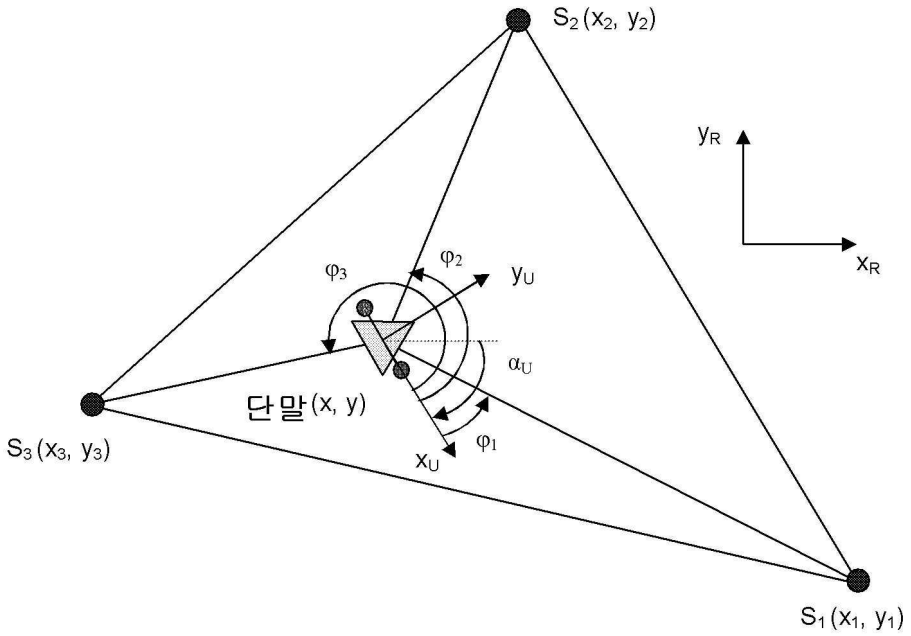
<73> 3 : 구동부

도면

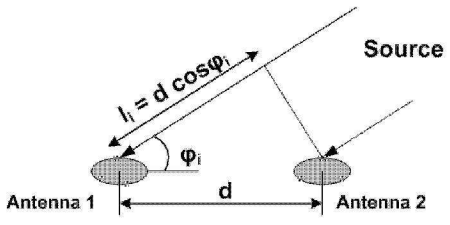
도면1



도면2



도면3



도면4

