



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0123321
(43) 공개일자 2010년11월24일

(51) Int. Cl.

G01C 21/34 (2006.01) G08G 1/0969 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0042487

(22) 출원일자 2009년05월15일

심사청구일자 2009년05월15일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자

김재명

인천시 남구 용현3동 인하대학교 무선전송연구실

황재호

인천시 남구 용현동 38-26 202호

(74) 대리인

특허법인무한

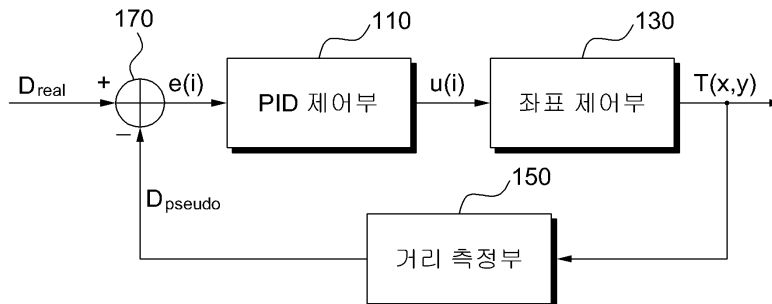
전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) P I D 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템 및 이를 이용한 위치 측정 장치

(57) 요약

PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템 및 이를 이용한 위치 측정 장치를 개시한다. 좌표 계산 시스템은 레퍼런스 노드를 기준으로 타겟 노드와의 거리 및 임의 노드와의 거리를 각각 측정하는 거리 측정부; 상기 타겟 노드와의 거리와 임의 노드와의 거리 간 오차를 산출하는 오차 산출부; 상기 산출된 오차를 PID 제어 알고리즘에 적용하여 제어 변수를 산출하는 PID 제어부; 및, 상기 산출된 제어 변수를 이용하여 상기 임의 노드의 좌표를 계산하는 좌표 제어부를 포함한다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITA-2008-C1090-0801-0019

부처명 지식경제부 및 정보통신연구진흥원

연구관리전문기관

연구사업명 대학 IT 연구센터 육성 지원 사업

연구과제명 초광대역(UWB) 무선전송 및 시스템 응용기술

기여율

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2008년 01월 01일 ~ 2011년 12월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

위치 측정 기술에서 좌표를 계산하는 시스템에 있어서,
레퍼런스 노드를 기준으로 타겟 노드와의 거리 및 임의 노드와의 거리를 각각 측정하는 거리 측정부;
상기 타겟 노드와의 거리와 임의 노드와의 거리 간 오차를 산출하는 오차 산출부;
상기 산출된 오차를 PID 제어 알고리즘에 적용하여 제어 변수를 산출하는 PID 제어부; 및,
상기 산출된 제어 변수를 이용하여 상기 임의 노드의 좌표를 계산하는 좌표 제어부
를 포함하는 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 좌표 제어부는,
상기 계산된 임의 노드의 좌표를 상기 거리 측정부로 피드백 하여 상기 타겟 노드의 좌표에 수렴되도록 상기 임의 노드의 좌표를 수정하는, PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 좌표 제어부는,
상기 레퍼런스 노드와 임의 노드와의 벡터를 이용하여 상기 임의 노드의 좌표를 수정하는, PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 좌표 계산 시스템을 포함하는 위치 측정 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 위치 측정 기술에 있어 계산의 복잡도를 줄이고 실시간으로 위치 좌표를 계산할 수 있는 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템 및 위치 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 유비쿼터스 사회로의 발전으로 인해 위치와 시간에 구애 없이 사용자에게 적합한 서비스를 제공한다. 이를 위한 시스템은 각 장치의 위치를 인식한 후 사용자가 처한 상황에 따른 특별한 서비스를 제공한다. 그 대표적인 예로는 GPS(Global Position System)을 이용한 차량 내비게이션 시스템이 있다. 이는 사용자의 위치를 파악하고 이를 통해 최단거리 탐색기능, 주변 교통 정보 및 주요 서비스 환경 통보와 같은 서비스의 지원이 가능하다. 최근에는 실내 환경에서도 사용자의 위치를 파악하여 다양한 서비스를 지원하는 홈 네트워크 시스템이 개발되고 있다. 이를 위해 장치의 위치를 파악하는 위치 인식 기술이 필요하다.

[0003] 위치 인식 기술은 위치 측정 규모에 따라 크게 매크로 위치 인식(Macro Positioning) 기술 마이크로 위치 인식(Micro Positioning) 기술로 나뉜다. 여기서, 매크로 위치 인식 기술은 수 십 미터에서 수 백 킬로미터 이상의 넓은 지역에서의 위치를 측정하는 기술로 오차 허용 범위가 크다. 매크로 위치 인식 기술의 대표적인 방식으로는 GPS와 이동통신을 이용한 방법 등이 있다. 마이크로 위치 인식 기술은 소규모의 네트워크에서 수 십 미터 이내의 위치를 인식하는 기술로 GPS와 같이 위성 이용이 어려운 실내 환경에서 주로 이용되는 기술로 수 미터

의 인식 거리를 가진다.

[0004] 특히, 마이크로 위치 인식 기술의 경우 10m 이내의 사용 반경을 요하며 이와 같은 시스템은 1m 이내의 정밀도를 요한다. 뿐만 아니라 최근 홈 네트워크 기술과 서비스 로봇 기술의 발달로 이동하는 사용자나 로봇에 이용되기 위해서 실시간으로 위치를 파악하는 기술이 필요하다. 하지만, 기존의 방식은 거리 측정 후 타겟 노드의 좌표를 계산하기 위하여 많은 계산이 필요하다. 특히, 이동하는 노드의 경우 실제 좌표와 계산된 좌표의 거리에 오차가 발생하며 지속적인 좌표를 원하는 경우 좌표 계산을 위해 많은 시스템 부하가 걸리게 되는 단점이 있다.

[0005] 거리 측정을 위하여 가장 많이 사용되는 방식은 전파의 전송 시간을 측정하는 방식으로 ToA 방식과 TDoA 방식이 있다. 위치 측정을 위한 시스템은 세 개 이상의 미리 위치를 알고 있는 고정적인 레퍼런스 노드가 존재하며 위치 인식을 위한 미지의 타겟 노드가 존재하게 되며 타겟 노드는 각 레퍼런스 노드에서 거리 정보를 획득하여 좌표를 얻게 된다.

[0006] ToA는 신호가 도착하는 시간을 이용해서 위치를 측정하는 알고리즘이다. ToA 방식을 응용하기 위해서는 센서와의 타겟 사이의 동기화가 중요한 문제이다. 도 1은 ToA의 계산 방법을 보여준다. 각각의 레퍼런스 노드(10)에서 미지의 타겟 노드(30)에 신호를 전송하여 돌아오는 신호의 전송 시간을 측정하며 이렇게 측정된 전송 시간은 계산을 통하여 각각의 레퍼런스 노드(10)와의 거리를 추정하게 된다. 이렇게 얻어진 거리 정보를 이용하여 타겟 노드(30)의 위치(X_T , Y_T)를 계산하여 미지 노드의 위치를 획득하는 알고리즘이다

[0007] 수학적 식 1은 측정된 레퍼런스 노드와 타겟 노드 사이의 거리(D_{Ri})를 좌표로 표현한 것이다.

수학적 식 1

$$D_{Ri} = \sqrt{(X_T - X_{Ri})^2 + (Y_T - Y_{Ri})^2}$$

$$= \sqrt{X_T^2 + Y_T^2 - 2(X_{Ri}X_T + Y_{Ri}Y_T) + X_{Ri}^2 + Y_{Ri}^2}, \quad i=1,2,\dots,N$$

[0008]

[0009] 타겟 노드의 좌표를 얻기 위해 수학적 식 1을 수학적 식 2와 같이 기술할 수 있다.

수학적 식 2

$$X_T^2 + Y_T^2 - 2(X_{Ri}X_T + Y_{Ri}Y_T) = D_{Ri}^2 - X_{Ri}^2 - Y_{Ri}^2$$

[0010]

[0011] 계산의 편의를 위해서 레퍼런스 노드의 좌표를 (0, 0)으로 가정할 경우 수학적 식 2를 수학적 식 3과 같이 간단히 정의할 수 있다.

수학적 식 3

$$\hat{X}_{R1}X_T + \hat{Y}_{R1}Y_T = \frac{D_{R3}^2 - D_{R1}^2 + \hat{X}_{R1}^2 + \hat{Y}_{R1}^2}{2} = A$$

$$\hat{X}_{R2}X_T + \hat{Y}_{R2}Y_T = \frac{D_{R3}^2 - D_{R2}^2 + \hat{X}_{R2}^2 + \hat{Y}_{R2}^2}{2} = B$$

[0012]

[0013] 여기서, $\hat{X}_{Ri}$ 와 $\hat{Y}_{Ri}$ 는 미지 노드의 좌표를 간단화 한 좌표다. A와 B는 복잡한 식을 표현한 것이다.

[0014] 마지막으로, 수학적 식 3을 X_T , Y_T 로 정리를 하면 미지의 타겟 노드의 좌표를 얻을 수 있다. 실제 타겟 노드의 좌표를 얻기 위해서는 레퍼런스 노드 중 레퍼런스 노드 3의 좌표를 보상해주어야 한다. 레퍼런스 노드 3의 좌표를 보상해 준 실제 타겟 노드의 좌표의 계산 수학적 식은 수학적 식 4와 같다.

수학적 식 4

$$X_T = \frac{\hat{Y}_{R2}A - \hat{Y}_{R1}B}{\hat{X}_{R1}\hat{Y}_{R2} - \hat{Y}_{R1}\hat{X}_{R2}} + X_{R3}, \quad Y_T = \frac{\hat{X}_{R2}A - \hat{X}_{R1}B}{\hat{X}_{R1}\hat{Y}_{R2} - \hat{Y}_{R1}\hat{X}_{R2}} + Y_{R3}$$

[0015]

[0016] 다음과 같은 방식을 이용하여 타겟 노드의 좌표를 얻게 된다. 이처럼 좌표 계산을 위해 직접적인 방법을 이용할 경우 많은 수학적식과 과정이 필요하다. 실시간 제어를 원하는 로봇 기술에서의 위치 인식 서비스와 연속적인 위치 인식 서비스에서는 다음과 같은 방식을 이용할 경우 반복적인 계산의 반복으로 인한 시스템 리소스 낭비와 계산하는 동안 이동할 경우 오차를 증가 시키는 원인이 된다. 직접 좌표 계산법을 이용할 경우 전체 시간을 표현한 것으로 위치 측정을 위하여 매번 같은 많은 량의 계산이 필요하게 되며 연속적인 위치 추정의 계산 시간에서 많은 문제가 발생하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0017] 본 발명의 일실시예는 좌표 계산에서의 복잡한 과정을 간소화하고 이동성을 가지는 노드에서의 실시간 좌표 계산에 적합한 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템 및 위치 측정 장치를 제공한다.

과제 해결수단

[0018] 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템은 레퍼런스 노드를 기준으로 타겟 노드와의 거리 및 임의 노드와의 거리를 각각 측정하는 거리 측정부; 상기 타겟 노드와의 거리와 임의 노드와의 거리 간 오차를 산출하는 오차 산출부; 상기 산출된 오차를 PID 제어 알고리즘에 적용하여 제어 변수를 산출하는 PID 제어부; 및, 상기 산출된 제어 변수를 이용하여 상기 임의 노드의 좌표를 계산하는 좌표 제어부를 포함한다.

[0019] 본 발명의 일실시예에서 상기 좌표 제어부는 상기 계산된 임의 노드의 좌표를 상기 거리 측정부로 피드백 하여 상기 타겟 노드의 좌표에 수렴되도록 상기 임의 노드의 좌표를 수정할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일실시예에서 상기 좌표 제어부는 상기 레퍼런스 노드와 임의 노드와의 벡터를 이용하여 상기 임의 노드의 좌표를 수정할 수 있다.

효 과

[0021] 본 발명의 일실시예에 따르면, 위치 인식 기술 중 좌표를 얻는 방식을 실시간으로 처리하기 위해 PID 제어 알고리즘을 바탕으로 한 좌표 계산 방식을 이용함으로써 이동성을 가지는 노드에서의 사용과 실시간 좌표 계산이 가능하다. 따라서, 좌표 계산 과정의 간소화를 통해 시스템의 연산 시간을 줄일 수 있으며 임베디드 시스템에 적합한 알고리즘으로 실시간 반응 및 시스템 리소스 사용을 간소화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명이 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0023] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템을 도시한 도면이다.

[0024] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템은 거리 측정부(150), 오차 산출부(170), PID 제어부(110), 좌표 제어부(130)로 구성된다.

[0025] 거리 측정부(150)는 레퍼런스 노드를 기준으로 타겟 노드와의 거리 및 임의 노드와의 거리를 각각 측정하는 역할을 수행한다.

[0026] 오차 산출부(170)는 타겟 노드와의 거리 및 임의 노드와의 거리를 입력으로 하여 타겟 노드와의 거리와 임의 노드와의 거리 간 오차를 산출하는 역할을 수행한다.

[0027] PID 제어부(110)는 오차 산출부(170)로부터 산출된 오차를 PID 제어 알고리즘에 적용하여 임의 노드의 좌표를 수정하기 위한 제어 변수를 산출하는 역할을 수행한다.

[0028] 좌표 제어부(130)는 임의 노드가 타겟 노드에 수렴되도록 PID 제어부(110)에서 산출된 제어 변수를 이용하여 임의 노드의 좌표를 계산하는 역할을 수행한다.

[0029] 본 발명의 일실시예는 이동성을 가지는 노드 및 실시간으로 위치 측정이 요구되는 시스템에 적합하도록 한 PID 제어를 통한 좌표 계산 방식을 제공한다.

[0030] PID 제어란 제어 변수와 기준 입력 사이의 오차에 근거하여 출력이 기준 값을 유지하도록 하는 피드백 제어의 일종으로, 비례(Proportional) 제어와 비례 적분 (Proportional - Integral) 제어, 비례 미분(Proportional-Derivative) 제어를 조합한 것이다. 여기서, 비례 제어는 기준 신호와 현재 신호 사이의 오차 신호에 적당한 비례 상수 이득을 곱해서 제어 신호를 만든다. 비례 적분 제어는 오차 신호를 적분하여 제어 신호를 만드는 적분 제어를 비례 제어에 병렬로 연결해 사용한다. 비례 미분 제어는 오차 신호를 미분하여 제어 신호를 만드는 미분 제어를 비례 제어에 병렬로 연결하여 사용한다.

수학식 5

$$u = K_P e + K_I \int e dt + K_D \frac{de}{dt}$$

[0031]

[0032] 수학식 5를 라플라스 변환시켜 표현하면 수학식 6과 같이 전달 함수 형태로 나타낼 수 있다

수학식 6

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s$$

[0033]

[0034] 본 발명의 일실시예에서는 복잡한 계산 방법을 줄이고 실시간으로 좌표 계산하기 위해서 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 방식을 적용한다. 즉, 본 발명의 일실시예는 임의 좌표(Pseudo coordinates)를 이용하여 실제 측정된 거리와 임의의 좌표와의 거리 오차를 줄이는 방식으로 좌표를 계산하는 방식이다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일실시예에서 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식을 상세하게 설명하기 위한 도면이다.

[0036] 거리 측정부(150)는 레인지(Range) 측정을 통하여 레퍼런스 노드(301)와 타겟 노드(305)의 거리를 계산함과 아울러 타겟 노드(305)에 대한 임의 노드(303)를 지정하여 레퍼런스 노드(301)와 임의 노드(303)의 거리를 계산한다. 즉, 거리 측정부(150)는 레퍼런스 노드 1,2,3(Ref.node1, Ref.node2, Ref.node3)과 타겟 노드(Real Target node T)의 거리 값(D_{real})인 D_{real1} , D_{real2} , D_{real3} 값과, 레퍼런스 노드 1,2,3(Ref.node1, Ref.node2, Ref.node3)과 임의 노드(Pseudo Target node T)의 거리 값(D_{pseudo})인 $D_{pseudo1}$, $D_{pseudo2}$, $D_{pseudo3}$ 를 계산한다.

[0037] 오차 산출부(170)는 거리 측정부(150)에서 측정된 타겟 노드(305)와의 거리 값(D_{real})과 임의 노드(303)와의 거리 값(D_{pseudo})을 입력으로 하여 수학식 7를 통해 타겟 노드(305)와의 거리 값(D_{real})과 임의 노드(303)와의 거리 값(D_{pseudo})을 비교하여 오차(e)를 구한다.

수학식 7

$$e(i) = D_{real}(i) - D_{pseudo}(i), \quad i = 1, 2, \dots, N$$

[0038]

[0039] 여기서, i는 레퍼런스 노드(301)의 인덱스이다.

[0040] PID 제어부(110)는 오차 산출부(170)에서 산출된 오차(e)를 수학식 8에 적용하여 제어 변수(u)를 산출한다.

수학식 8

$$u(i) = K_P e(i) + K_I \int e(i) dt + K_D \frac{de(i)}{dt}$$

[0041]

[0042] 여기서, K_P , K_I , K_D 는 PID 튜닝 계수를 의미한다.

[0043] 좌표 제어부(130)는 PID 제어부(110)에서 산출된 제어 변수(u)를 이용하여 타겟 노드(305)에 대하여 임의로 설정된 임의 노드(303)의 좌표 값을 수정한다.

[0044] 도 4를 참조하면, 좌표 제어부(130)는 레퍼런스 노드(401)와 임의 노드(403)와의 벡터를 이용하여 수정할 좌표 값을 계산할 수 있다. 좌표 제어부(130)는 레퍼런스 노드(401)의 좌표와 제어 변수(u)를 수학적 식 9의 비례식에 적용하여 이로부터 수학적 식 10과 같이 임의 노드의 좌표에 대한 좌표의 증가 또는 감소되는 값, 즉 x_{com} 과 y_{com} 을 구할 수 있다.

수학적 식 9

$$x_{com}(i) : x_{ref}(i) = u(i) : D_{pseudo}(i)$$

$$y_{com}(i) : y_{ref}(i) = u(i) : D_{pseudo}(i)$$

[0045]

수학적 식 10

$$x_{com}(i) = \frac{x_{ref}(i)}{D_{pseudo}(i)} \times u(i), \quad y_{com}(i) = \frac{y_{ref}(i)}{D_{pseudo}(i)} \times u(i)$$

[0046]

[0047] 좌표 제어부(130)는 상기 과정에서 구한 x_{com} 과 y_{com} 을 수학적 식 11에 적용함으로써 수정할 좌표($x_{pseudoT}$, $y_{pseudoT}$)를 산출한 후 상기 산출된 좌표($x_{pseudoT}$, $y_{pseudoT}$)를 임의 노드의 좌표로 수정한다.

수학적 식 11

$$X_{pseudoT}^{(n+1)} = X_{pseudoT}^{(n)} - \sum_{i=1}^{N_{ref}} x_{com}(i)$$

$$Y_{pseudoT}^{(n+1)} = Y_{pseudoT}^{(n)} - \sum_{i=1}^{N_{ref}} y_{com}(i)$$

[0048]

[0049] 본 발명의 일실시예는 임의 노드의 좌표를 타겟 노드의 좌표에 수렴시키는 방식을 이용한다. 다시 말해, 상기 수정된 임의 노드의 좌표와의 거리를 피드백 후 제어 변수(u)를 이용하여 임의 노드의 좌표를 수정하는 과정을 반복 수행하면서 임의 노드의 좌표를 타겟 노드의 좌표에 수렴 시킨다.

[0050] 연속적인 위치 측정은 타겟 노드의 위치 변화가 적기 때문에 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식을 이용할 경우 타겟 노드로의 수렴 후 적은 연산량을 통해 위치를 계산할 수 있다.

[0051] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식의 성능을 설명하기 위한 도면이다. 3개의 레퍼런스 노드와 하나의 임의 노드로 구성되고 PID 제어 알고리즘으로 비례 제어(P 제어)를 사용한다고 가정하자. 도 5는 PID 튜닝 계수(K_p)를 0.1에서 0.7까지 변경하여 좌표 계산 방식의 성능을 분석한 것이다. 도 5에서 알 수 있듯이, PID 튜닝 계수가 0.1, 0.2인 좌표 계산 방식을 제외한 모든 좌표 계산 방식이 4번의 반복으로 500 mm 아래로 수렴하는 것을 볼 수 있으며 PID 튜닝 계수가 0.5일 때 최대의 수렴속도를 가진다.

[0052] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식(601)을 실제 측정된 거리와 레퍼런스 노드의 좌표를 이용하여 타겟 노드의 좌표를 직접 계산하는 직접 계산 방식(603)과 비교한 결과를 도시한 것이다. 이때, 변수로는 거리 측정시 발생할 수 있는 거리 오차(range error) 별 위치 측정 오차(position error)의 결과를 시뮬레이션 한 것이다. 도 6에서 알 수 있듯이, 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식(601)은 거리 오차가 증가할수록 직접 계산 방식(603)에 비해 위치 측정 오차가 현격히 줄어드는 결과를 보인다. 또한, 본 발명의 일실시예는 좌표 계산을 위하여 많은 개수의 레퍼런스 노드를 사용할수록 위치 측정 오차가 줄어드는 결과를 보인다.

[0053] 본 발명의 일실시예는 PID 제어 알고리즘을 바탕으로 위치 좌표를 계산함으로써 좌표 계산 과정을 보다 간소화할 수 있으며 좌표 계산에 따른 위치 측정 오차를 줄일 수 있다.

[0054] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되

있으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0055] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0056] 도 1은 기존의 좌표 계산 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[0057] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 PID 제어 알고리즘을 이용한 좌표 계산 시스템을 도시한 도면이다.

[0058] 도 3은 본 발명의 일실시예에서 PID 제어를 이용한 좌표 계산 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[0059] 도 4는 본 발명의 일실시예에서 좌표 벡터 계산 방식을 설명하기 위한 도면이다.

[0060] 도 5는 본 발명의 일실시예에서 PID 튜닝 계수에 따른 위치 오차를 나타낸 그래프이다.

[0061] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 좌표 계산 성능을 나타낸 그래프이다.

[0062] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

[0063] 110: PID 제어부

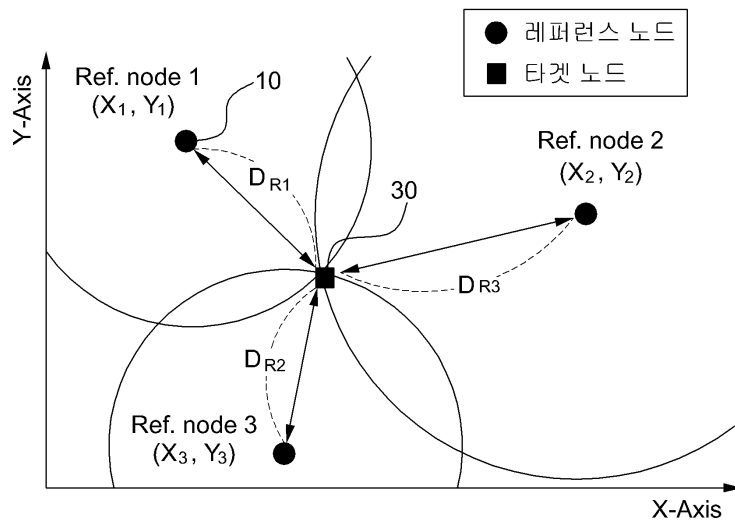
[0064] 130: 좌표 제어부

[0065] 150: 거리 측정부

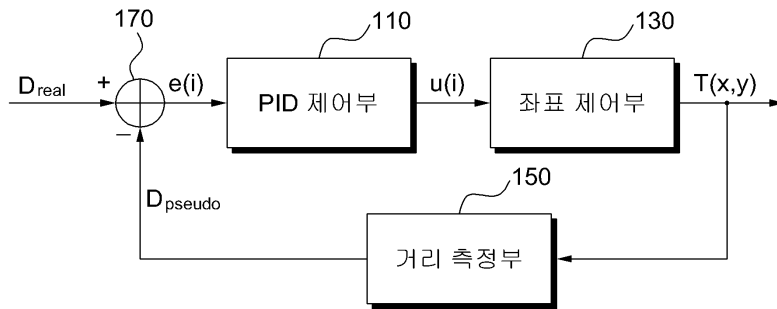
[0066] 170: 오차 산출부

도면

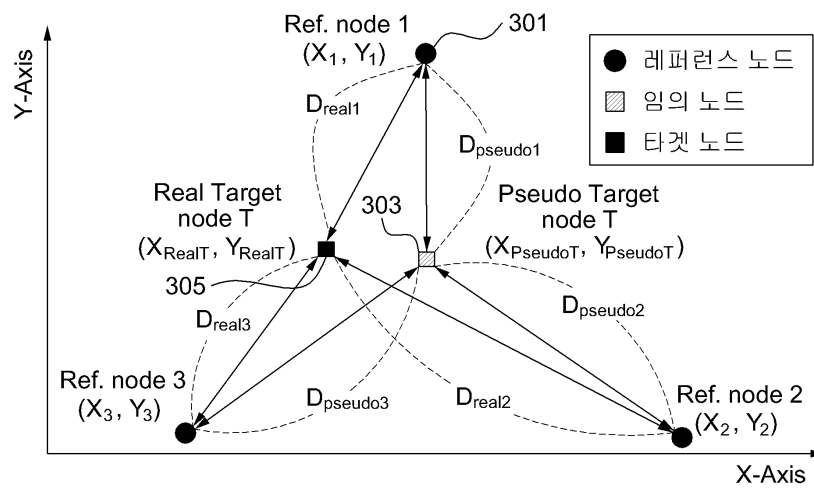
도면1



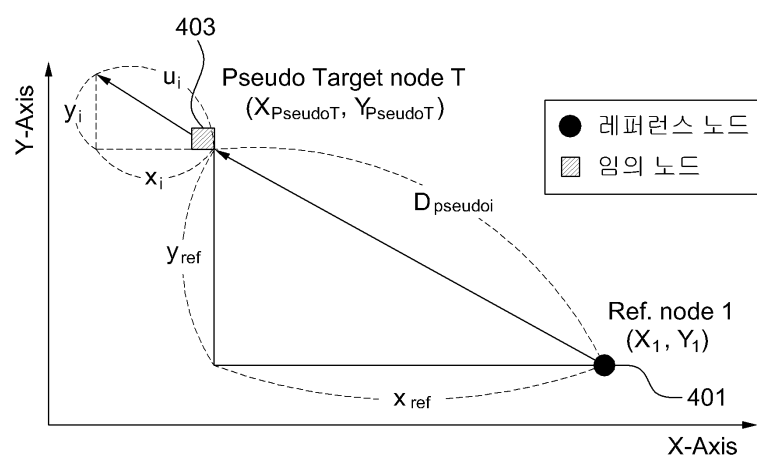
도면2



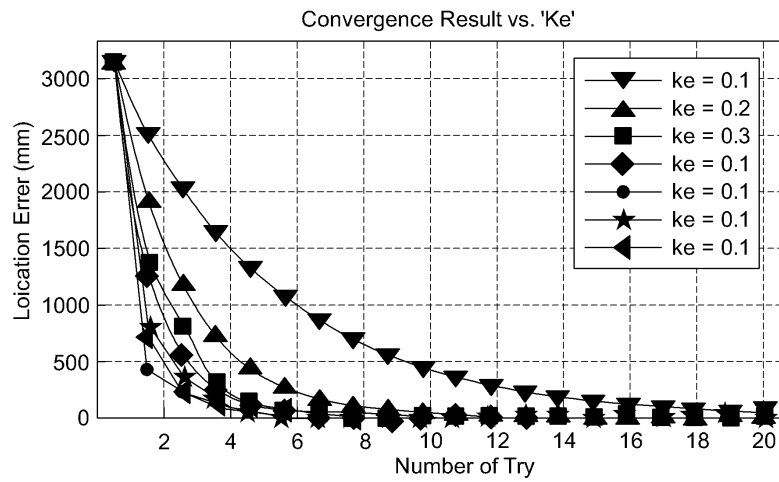
도면3



도면4



도면5



도면6

