



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0068234
(43) 공개일자 2017년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B25J 9/16 (2006.01) B25J 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B25J 9/1692 (2013.01)
B25J 5/007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0175190
(22) 출원일자 2015년12월09일
심사청구일자 2015년12월09일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
아이에스티웍스(주)
서울특별시 광진구 능동로 209, 2층(군자동, 세종대학교벤처창업보육센터세종관2층212-A호)
(72) 발명자
홍성경
서울특별시 마포구 월드컵로1길 14 101동 1902호
(합정동, 마포 한강 푸르지오)
이상철
서울특별시 강서구 초록마을로34길 41-6, 402호(화곡동, 동원세인트빌)
조윤희
경기도 안양시 만안구 만안로 17, 2001호(안양동, 명지캐럿162주상복합아파트)
(74) 대리인
유병욱, 한승범

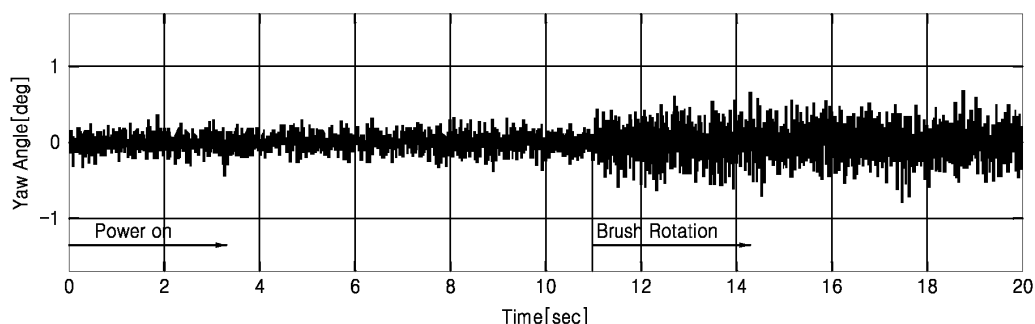
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 자이로 센서를 이용한 주행로봇에서 자이로 센서에 의해 발생하는 바이어스 오차를 보정하여 주행로봇의 진행각을 정확하게 추정할 수 있는 주행로봇의 진행각 추적을 위한 바이어스 보정 장치 및 방법에 관한 것으로, 주행로봇의 회전 각속도를 측정하는 자이로와, 주행로봇의 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정하는 엔코더와, 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 주행로봇의 운동 상태를 식별하고 주행로봇의 운동 상태에 따라 자이로의 바이어스를 추정할 수 있는 구간을 확장하여 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 바이어스 추정부, 및 자이로를 통해 측정된 출력값에서 바이어스 추정부를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정하는 바이어스 보정부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 9/1656 (2013.01)

B25J 9/1664 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0333549

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 한국산학연합회

연구사업명 2015년 산학협력기술 개발사업

연구과제명 자이로와 엔코더를 이용한 이동로봇의 진행각 추정 모듈 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2015.09.01 ~ 2016.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

주행로봇의 회전 각속도를 측정하는 자이로;

상기 주행로봇의 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정하는 엔코더;

상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 상기 자이로의 바이어스를 추정할 수 있는 구간을 확장하여 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 바이어스 추정부; 및

상기 자이로를 통해 측정된 출력값에서 상기 바이어스 추정부를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정하는 바이어스 보정부

를 포함하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 바이어스 추정부는,

상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수에 따라 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 식별된 운동 상태가 정지 구간 또는 직진 구간임에 따라 HDR(Heuristic Drift Reduction) 기반 필터의 이득값을 조절하여, 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지 구간 또는 직진 구간에 대응되는 각속도값으로부터 바이어스를 추정하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 바이어스 추정부는,

상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅한 개수에 따라 상기 주행로봇의 정지, 직진, 회전의 운동 상태를 식별하고 식별된 운동 상태에 따른 식별값을 출력하는 운동 상태 식별부;

상기 식별값을 이용하여 상기 주행로봇의 정지 구간 또는 직진 구간에 대하여 HDR 기반 필터의 이득값을 각각 다르게 조절하는 감쇠 이득 제어부; 및

상기 감쇠 이득 제어부를 통해 조절된 이득값을 HDR 기반 필터에 반영하여 바이어스 드리프트를 산출하는 바이어스 산출부

를 포함하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 운동 상태 식별부는,

상기 주행 바퀴가 좌우에 각각 구비되는 경우, 좌우의 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0 이면 정지 구간, 상기 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0이 아니며 동시에 상기 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값이 임계값을 초과하는지 여부에 따라 직진, 회전 구간을 식별

하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 감쇠 이득 제어부는,

상기 운동 상태 식별부를 통해 출력되는 식별값 외에, 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값이 기준 각속도 임계값 보다 이하인지 여부를 판단하여 두 조건이 모두 만족하는 구간에 대하여 이득값을 계산하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 감쇠 이득 제어부는,

하기의 수학적식을 이용하여 구간별 이득값을 계산하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

[수학적식]

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega_{i-1}|}{\theta_w} & \text{for } C_E = 1, 0 \text{ and } \theta_w \leq 0.7 \\ 0 & \text{for } C_E = 2 \text{ and } \theta_w > 0.7 \end{cases}$$

(단, A_i 는 이득값, C_E 는 식별값, θ_w 는 자이로를 통해 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값, 0.7deg/s 는 직진 구간에서 발생하는 미세한 회전을 판단할 수 있는 기준 각속도 임계값임.)

청구항 7

제 3 항에 있어서,

상기 바이어스 산출부는

하기의 HDR 기반 추정식을 이용하여 상기 주행 로봇의 운동 상태별 추정 바이어스를 산출하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

[추정식]

$$I_i = I_{i-1} - A_i \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c,$$

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

(단, I_i 는 바이어스 드리프트 추정값, x는 자이로 출력값, i_c 는 상수)

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 바이어스 추정부를 통해 식별된 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 진행각 추정을 위한 적분 연산의 수행을 선택적으로 차단 제어하는 스위칭부

를 더 포함하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 스위칭부는

상기 주행로봇의 운동 상태가 정지 구간인 경우 상기 적분 연산의 수행을 중단하여 적분 오차가 누적되는 것을 방지하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치.

청구항 10

주행로봇의 진행각 추정을 위한 제어 방법으로서,

상기 주행로봇의 자이로가 회전 각속도를 측정하는 단계;

상기 주행로봇의 주행 바퀴에 장착된 엔코더가 상기 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정하는 단계;

상기 주행로봇의 바이어스 추정부가 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 상기 자이로의 바이어스를 추정할 수 있는 구간을 확장하여 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 단계; 및

상기 주행로봇의 바이어스 보정부가 상기 자이로를 통해 측정된 출력값에서 상기 바이어스 추정부를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정하는 단계

를 포함하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 단계는,

상기 주행로봇의 바이어스 추정부가 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수에 따라 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하는 단계;

상기 식별된 운동 상태가 정지 구간 또는 직진 구간임에 따라 상기 바이어스 추정부가 HDR(Heuristic Drift Reduction) 기반 필터의 이득값을 조절하는 단계; 및

상기 바이어스 추정부가 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지 구간 또는 직진 구간에 대응되는 각속도값으로부터 바이어스를 산출하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 운동 상태를 식별하는 단계는,

상기 바이어스 추정부가 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅한 개수에 따라 상기 주행로봇의 정지, 직진,

회전의 운동 상태를 식별하며,

상기 주행 바퀴가 좌우에 각각 구비되는 경우, 좌우의 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0이면 정지 구간, 상기 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0이 아니며 동시에 상기 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값이 임계값을 초과하는지 여부에 따라 직진, 회전 구간을 식별하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 이득값을 조절하는 단계는,

상기 바이어스 추정부가 상기 운동 상태 식별부를 통해 출력되는 식별값 외에, 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값이 기준 각속도 임계값 보다 이하인지 여부를 판단하여 두 조건이 모두 만족하는 구간에 대하여 이득값을 계산하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

청구항 14

제 11항에 있어서,

상기 이득값을 조절하는 단계는,

하기의 수학적식을 이용하여 구간별 이득값을 계산하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

[수학적식]

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega_{i-1}|}{\theta_w} & \text{for } C_E = 1, 0 \text{ and } \theta_w \leq 0.7 \\ 0 & \text{for } C_E = 2 \text{ and } \theta_w > 0.7 \end{cases}$$

(단, A_i 는 이득값, C_E 는 식별값, θ_w 는 자이로를 통해 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값, 0.7deg/s 는 직진 구간에서 발생하는 미세한 회전을 판단할 수 있는 기준 각속도 임계값임.)

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 바이어스를 산출하는 단계는,

하기의 HDR 기반 추정식을 이용하여 상기 주행 로봇의 운동 상태별 추정 바이어스를 산출하는 것을 특징으로 하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

[추정식]

$$I_i = I_{i-1} - A_i \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c,$$

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

(단, I_i 는 바이어스 드리프트 추정값, x 는 자이로 출력값, i_c 는 상수)

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 주행로봇의 진행각을 추정하기 이전에,

상기 주행로봇의 스위칭부가 상기 바이어스 추정부를 통해 식별된 상기 주행로봇의 운동 상태가 정지 구간인 경우 진행각 추정을 위한 적분 연산의 수행을 차단하여 적분 오차가 누적되는 것을 방지하는 단계

를 더 포함하는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자이로 센서를 이용한 주행로봇에서 자이로 센서에 의해 발생하는 바이어스 오차를 보정하여 주행로봇의 진행각을 정확하게 추정할 수 있는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 로봇산업은 노동대체 수단이었던 '전통적 로봇'의 개념에서 발전하여 인간 친화적인 '지능형 로봇'의 개념으로 발전하고 있다.

[0003] 지능형 로봇은 외부환경을 인식하고 스스로 상황을 판단하여 자율적인 동작을 기반으로 다양한 서비스를 지원한다. 따라서, 지능형 로봇은 다양한 분야에 활용될 가능성이 뛰어나 미래의 로봇 시장으로 주도할 것으로 예상하고 있다.

[0004] 이러한 지능형 로봇의 구현을 위한 원천 핵심기술 가운데 하나는 공간지각능력을 갖는 위치 인식 기술이며, 특히 실내 가정용 서비스로봇이 상용화되기 위해서는 저가의 진행각(yaw angle) 추정을 기반으로 한 위치인식 기술 개발이 중요시 되고 있다.

[0005] 저가의 진행각 추정을 기반으로 한 위치인식 기술 중 각속도를 측정하는 MEMS 자이로 센서를 이용한 접근법은 저가적, 저전력, 소형, 경량의 장점을 갖지만 진행각을 측정하기 위해서는 필연적으로 적분 과정을 거쳐야만 하며, 이로 인한 적분 오차가 누적되어 그 오차가 시간에 따라 발산하는 치명적인 단점이 있다.

[0006] 이 단점을 해결하고자 적분 누적 오차를 최소화하는 HDR(Heuristic Drift Reduction) 기반 알고리즘이 구현되었고, 특히 HDR 기반 알고리즘은 자이로 센서의 적분오차를 발생시키는 주요 요인 중 하나인 바이어스 드리프트(bias drift)를 추정하여 보상하는 기술이다.

[0007] 그런데, 종래 HDR 기반 알고리즘을 이용한 진행각 추정은 주행로봇의 움직임이 없는 완벽한 정지 상태에서 일정 주기동안 각속도 출력 데이터의 평균값을 계산하여 추정하기 때문에 주행로봇이 반드시 정지 상태이어야 한다는 제한이 있다. 또한, 정지 상태의 판단도 자이로 센서에 의해 발생하는 물리적인 바이어스 드리프트와 주행로봇 자체에서 발생하는 작은 진동에 의해 이미 오염된 자이로 출력을 기준으로 하게 되므로, 그 정확성이 떨어질 수밖에 없다는 문제점이 있다.

[0008] 예컨대, 로봇청소기의 경우, 도 1에 도시한 파형도와 같이 정지 상태에서도 브러시가 회전하게 됨에 따라 자이로 센서로부터 출력되는 값이 달라지는 것을 보여주고 있다. 이처럼, 정지 상태에서도 브러시가 회전하게 되면 이로 인한 진동 성분으로 인해 자이로 센서로부터 출력되는 값이 정확하지 않고 진동 성분이 반영된 출력값을 이용하게 된다.

[0009] 또한, 로봇 청소기는 실제 자율청소 모드로 운용하는 동안에 정지 상태가 매우 짧아서 정확한 바이어스 드리프트를 추정하기가 어려운 문제점이 있다.

[0010] 따라서, 주행로봇의 정지 상태뿐만 아니라 실제 각속도가 작은 직진 상태에서도 바이어스 드리프트를 추정할 수

있는 방법이 필요하다.

[0011] 따라서, 본 출원인은 위와 같은 필요성에 의해 본 발명을 제안하게 되었으며, 이와 관련된 선행기술문헌으로는 등록특허공보 10-0772915호(발명의 명칭: 이동 로봇에 장착된 자이로의 바이어스를 보정하는 장치 및 방법, 등록일: 2007.10.29.)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 주행로봇의 운동 상태를 식별하여 자이로 센서에 의해 발생하는 바이어스 드리프트의 추정 구간을 정지 구간뿐만 아니라 직진 구간까지 확장하여, 보다 정확하게 자이로의 바이어스 오차를 보정하고 이를 통해 적응적으로 진행각을 추정할 수 있는 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치 및 방법을 제공하는 데 목적이 있다.

[0013] 또한, 본 발명의 다른 목적은 주행로봇의 운동 상태를 식별하여 정지 구간에서는 진행각 추정을 위한 적분 연산을 수행하지 않도록 스위칭 제어함으로써 적분 오차의 누적을 최소화하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치는, 주행로봇의 회전 각속도를 측정하는 자이로; 상기 주행로봇의 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정하는 엔코더; 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 상기 자이로의 바이어스를 추정할 수 있는 구간을 확장하여 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 바이어스 추정부; 및 상기 자이로를 통해 측정된 출력값에서 상기 바이어스 추정부를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정하는 바이어스 보정부를 포함한다.

[0015] 상기 바이어스 추정부는, 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수에 따라 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 식별된 운동 상태가 정지 구간 또는 직진 구간임에 따라 HDR(Heuristic Drift Reduction) 기반 필터의 이득값을 조절하여, 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지 구간 또는 직진 구간에 대응되는 각속도값으로부터 바이어스를 추정한다.

[0016] 또한, 상기 바이어스 추정부는, 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅한 개수에 따라 상기 주행로봇의 정지, 직진, 회전의 운동 상태를 식별하고 식별된 운동 상태에 따른 식별값을 출력하는 운동 상태 식별부; 상기 식별값을 이용하여 상기 주행로봇의 정지 구간 또는 직진 구간에 대하여 HDR 기반 필터의 이득값을 각각 다르게 조절하는 감쇠 이득 제어부; 및 상기 감쇠 이득 제어부를 통해 조절된 이득값을 HDR 기반 필터에 반영하여 바이어스 드리프트를 산출하는 바이어스 산출부를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 운동 상태 식별부는, 상기 주행 바퀴가 좌우에 각각 구비되는 경우, 좌우의 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0이면 정지 구간, 상기 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 모두 0이 아니며 동시에 상기 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값이 임계값을 초과하는지 여부에 따라 직진, 회전 구간을 식별할 수 있다.

[0018] 상기 감쇠 이득 제어부는, 상기 운동 상태 식별부를 통해 출력되는 식별값 외에, 상기 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 상기 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값이 기준 각속도 임계값 보다 이하인지 여부를 판단하여 두 조건이 모두 만족하는 구간에 대하여 이득값을 계산할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 감쇠 이득 제어부는, 하기의 수학식을 이용하여 구간별 이득값을 계산할 수 있다.

[0020] [수학식]

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega_{i-1}|}{\theta_w} & \text{for } C_E = 1, 0 \text{ and } \theta_w \leq 0.7 \\ 0 & \text{for } C_E = 2 \text{ and } \theta_w > 0.7 \end{cases}$$

[0021]

[0022] (단, A_i 는 이득값, C_E 는 식별값, θ_w 는 자이로를 통해 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값,

0.7deg/s 는 직진 구간에서 발생하는 미세한 회전을 판단할 수 있는 기준 각속도 임계값임.)

[0023] 상기 바이어스 산출부는, 하기의 HDR 기반 추정식을 이용하여 상기 주행 로봇의 운동 상태별 추정 바이어스를 산출할 수 있다.

[0024] [추정식]

$$I_i = I_{i-1} - A_i \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c,$$

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

(단, I_i 는 바이어스 드리프트 추정값, x는 자이로 출력값, i_c 는 상수)

[0028] 또한, 상기 바이어스 보정 장치는, 상기 바이어스 추정부를 통해 식별된 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 진행각 추정을 위한 적분 연산의 수행을 선택적으로 차단 제어하는 스위칭부를 더 포함할 수 있다.

[0029] 상기 스위칭부는, 상기 주행로봇의 운동 상태가 정지 구간인 경우 상기 적분 연산의 수행을 중단하여 적분 오차가 누적되는 것을 방지할 수 있다.

[0030] 한편, 상기한 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법은, 주행로봇의 진행각 추정을 위한 제어 방법으로서, 상기 주행로봇의 자이로가 회전 각속도를 측정하는 단계; 상기 주행로봇의 주행 바퀴에 장착된 엔코더가 상기 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정하는 단계; 상기 주행로봇의 바이어스 추정부가 상기 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 상기 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 상기 주행로봇의 운동 상태에 따라 상기 자이로의 바이어스를 추정할 수 있는 구간을 확장하여 운동 상태별로 바이어스를 추정하는 단계; 및 상기 주행로봇의 바이어스 보정부가 상기 자이로를 통해 측정된 출력값에서 상기 바이어스 추정부를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 따르면, 주행로봇의 운동 상태를 식별하여 주행로봇이 정지 구간뿐만 아니라 미세하게 흔들리는 직진 구간에서도 바이어스 드리프트를 추정할 수 있도록 바이어스 추정 구간을 확장하여 자이로 센서에 의해 발생하는 바이어스 오차를 보정할 수 있는 효과가 있다. 이러한 바이어스 오차 보정에 의해 보다 정확하게 주행로봇의 진행각을 추정할 수 있는 효과가 있다.

[0032] 또한, 본 발명에 따르면 주행로봇의 운동 상태를 식별하여 정지 구간에서는 진행각 추정을 위한 적분 연산을 수행하지 않도록 스위칭 제어함으로써 적분 오차의 누적을 최소화하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 일반적인 로봇청소기의 정지 상태에서의 자이로 출력값을 측정한 결과 파형도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치를 나타낸 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각을 설명하기 위한 개념도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치에 적용되는 바이어스 추정부의 세부 구성도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 추정부에서 주행로봇의 운동 상태에 따라 정의한 식별값을 나타낸 표이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법을 설명하는 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 보정 방법을 통해 출력되는 진행각 추정값을 기준 장비와 종래 HDR 기반 진행각 추정 필터와 비교 분석한 그래프이다.

도 8은 도 7의 그래프에서 일부 구간을 확대하여 보여주는 비교 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0035] 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0036] 참고로, 본 발명의 실시예에서는 주행로봇에 기 장착되어 있는 저성능의 저가 엔코더를 활용하여 주행로봇이 현재 주행 중인 상태 즉, 운동 상태를 식별하고, 운동 상태가 정지 구간뿐만 아니라 미세하게 흔들리는 직진 구간인 경우에도 자이로 센서의 출력에 포함된 바이어스 드리프트 요소를 추정할 수 있는 구간으로 확장함으로써, 자이로 센서의 확률적 오차(바이어스 드리프트; bias drift)를 보정하는 구성을 제공한다. 이때, 바이어스 드리프트의 추정은 기존 HDR(Heuristic Drift Reduction) 알고리즘을 기반으로 한 필터를 이용하며, 정지 구간 또는 직진 구간에 따라 HDR필터의 이득을 적응적으로 제어하여 운동 상태 식별을 통해 구간별 적응형 진행각 추정이 가능한 주행로봇을 제공할 수 있다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 장치를 나타낸 구성도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0038] 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 보정 장치(100)는 기본적으로 엔코더(120), 자이로(130), 신호필터부(140), 바이어스 추정부(150), 바이어스 보정부(160), 스위칭부(170)를 포함한다.
- [0039] 주행부(110) 및 진행각 추정부(180)는 자이로 센서를 이용한 주행로봇에 기본적으로 포함되는 구성이다.
- [0040] 주행부(110)는 주행로봇이 이동할 수 있도록 동력을 제공한다. 일반적으로 주행부(110)는 도 3에 도시한 바와 같이 하나 이상의 주행 바퀴(10a, 10b)와 방향 제어 장치를 포함하지만, 이에 한정하는 것은 아니며 주행로봇(10)의 이동을 가능하게 하는 다른 공지의 주행 수단을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0041] 진행각 추정부(180)는 주행부(110)를 통해 주행 중인 주행로봇(10)의 현재 정확한 위치를 파악하기 위한 것으로, 자이로 센서(이하, '자이로(130)'라 칭함)의 출력값인 각속도를 적분하여 진행각을 추정한다.
- [0042] 도 3에 나타난 좌표계에서 주행로봇(10)의 위치 좌표가 (X(k), Y(k))로 표시되고 좌우의 주행 바퀴(10a, 10b)가 a방향으로 이동한다고 가정할 때, 주행로봇(10)은 A방향으로 주행하게 되고 주행로봇(10)이 회전한 각도는 $\psi(k)$ 로 정의할 수 있다. 이때, 회전각도 $\psi(k)$ 은 주행로봇(10)의 진행각을 의미하며, 이는 진행각 추정부(180)에서 자이로(130)로부터 측정된 각속도(deg/s)를 적분함으로써 산출되는 각도 값(deg)에 의해 추정할 수 있다. 미설명부호 120a, 120b 는 엔코더이다.
- [0043] 다시 도 2를 참조하면, 자이로(130)는 관성센서의 일종으로 적어도 하나 이상의 축을 중심으로 회전하는 주행로봇의 회전 각속도(deg/s)를 측정한다. 그리고, 자이로(130)는 측정된 실제 회전 각속도 값(ω_{true})에 상응하는 값을 자이로 출력값(ω_m)으로 출력한다. 노이즈가 없는 가장 이상적인 자이로(130)는 측정된 주행로봇의 회전 각속도를 출력하지만, 보통은 센서 및 외부 환경에 의해 노이즈가 포함되는 것이 일반적이다.
- [0044] 본 실시예에서의 자이로 출력값(ω_m)은 도 2의 (1)에 표기한 수식과 같이 바이어스 보정이 되지 않은 상태의 값 즉, 실제 회전 각속도값(ω_{true})에 바이어스 요소(ϵ_0, ϵ_d)가 포함된 값이다. 바이어스는 전원 인가 시 초기 동작 전류에 의해 발생하는 고정 바이어스(ϵ_0)와 바이어스 드리프트(ϵ_d)가 포함될 수 있다.
- [0045] 자이로(130)는 자이로 출력값(ω_m)을 바이어스 보정부(160)로 전달하고, 필요에 따라 신호 필터부(140)를 경유할 수 있다.
- [0046] 신호 필터부(140)는 평균 필터(Average Filter)를 활용하여 자이로(130)로부터 출력되는 자이로 출력값(ω_m)에서 고정 바이어스(ϵ_0)를 필터링하여 제거한다. 참고로, 고정 바이어스(ϵ_0)는 전원 인가 후 주행 로봇의 초기 움직임이 없는 완벽한 정지 상황에서 대략 5초 내지 15초 동안 각속도 출력 데이터의 평균값을 계산하여 추정할 수 있다. 신호 필터부(140)를 통해 출력되는 값은 도 2의 (2)에 표기한 수식과 같다. 특히, 로봇 청소기의 경우 브러쉬의 회전에 따라 미세한 진동 성분과 낮은 대역의 잡음 신호가 발생할 수 있는데, 신호 필터부(140)에서는

저대역 통과 필터(Low Pass Filter; LPF)를 통해 진행각 추정이나 바이어스 추정을 위해 불필요한 신호를 제거할 수 있다. 다시 말하면, 고정 바이어스(ϵ^0)는 평균 필터를 통해서 제거되고, 브러시의 회전 등에 의해서 신호에 생성되는 진동 잡음은 저대역 통과 필터를 통해 제거될 수 있다.

[0047] 엔코더(120)는 주행부(110)와 연동되어 주행로봇의 주행 시 주행 바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정한다. 도 3에는 엔코더(120a, 120b)가 좌우 주행 바퀴(10a, 10b)에 각각 장착된 예를 보여주고 있다.

[0048] 엔코더(120)는 주행 바퀴와 대응되게 장착되며, 주행 바퀴가 좌우 두 개로 구비되는 경우 좌우 두 개의 엔코더(120)를 통해 각 주행 바퀴의 펄스를 측정한다.

[0049] 바이어스 추정부(150)는 엔코더(120)를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수에 따라 주행로봇의 운동 상태를 식별한다. 그리고, 식별된 운동 상태가 정지 구간 또는 직진 구간인 경우에 HDR 기반 필터의 이득값을 조절하여, 자이로(130)를 통해 측정된 각속도값 중 정지 구간 또는 직진 구간에 대응되는 각속도값으로부터 바이어스를 추정한다.

[0050] 본 실시예에 따른 바이어스 추정부(150)는 주행로봇이 정지한 상태뿐만 아니라 직진 상태인 경우에 대해서도 바이어스를 추정할 수 있도록 바이어스 추정 구간을 확장하고자 한 것이다. 이를 위해 엔코더(120)를 통해 주행로봇의 운동 상태를 식별하고, 각 운동 구간에 대하여 HDR 기반 필터의 이득값을 조절하여 적응적으로 바이어스를 추정한다. 이에 대해서는 하기의 도 4 및 도 5에서 구체적으로 설명한다.

[0051] 바이어스 보정부(160)는 신호필터부(140)를 거쳐 자이로(130)로부터 출력되는 자이로 출력값에서 바이어스 추정부(150)를 통해 산출된 추정 바이어스를 제거하여 보정한다. 보정된 자이로 출력값은 진행각 추정부(180)로 전달되어 보다 정확한 데이터를 토대로 진행각 추정이 가능하므로 진행각의 오차를 줄일 수 있게 된다.

[0052] 바이어스 보정부(160)를 통해 출력되는 값은 도 2의 (3)에 표기한 수식과 같다. 즉, 자이로(130)에서 측정된 실제 회전 각속도값(ω_{true})이 출력된다.

[0053] 스위칭부(170)는 진행각 추정부(180)의 앞단에 구비되고 바이어스 추정부(150)와 연계되어 주행로봇의 운동 상태에 따라 진행각 추정을 위한 적분 연산의 수행을 선택적으로 차단 제어한다.

[0054] 예를 들어, 주행로봇이 정지 상태일 때는 진행각의 변화가 없으므로 스위칭부(170)는 적분오차의 누적을 최소화하기 위해 주행로봇이 정지 상태인 경우에는 적분 연산의 수행을 중단하도록 스위칭 제어한다.

[0055] 따라서, 스위칭부(170)는 주행로봇이 정지 상태이면($C_E = 0$) 적분 수행을 멈추고 이전의 진행각을 유지하고, 주행로봇이 직진 상태이거나 회전 상태인 경우에는 적분 수행을 하도록 스위칭한다. 이를 수식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\psi_i = \begin{cases} \psi_{i-1} + \omega_i \Delta t, & C_E = 1 \text{ or } 2 \\ \psi, & C_E = 0 \end{cases}$$

[0057] 위 수식에서, C_E 는 주행로봇의 운동 상태를 식별한 식별값이고, $C_E = 0$ 는 정지 상태, $C_E = 1$ 는 직진 상태, $C_E = 2$ 는 회전 상태, ω_i 는 바이어스 보정된 자이로 출력값, ψ 는 진행각을 나타낸다.

[0058] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 추정부의 세부 구성도이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 추정부에서 주행로봇의 운동 상태에 따라 정의한 식별값을 나타낸 표이다.

[0059] 바이어스 추정부(150)는 운동 상태 식별부(152), 감쇠 이득 제어부(154), 바이어스 산출부(156)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0060] 운동 상태 식별부(152)는 엔코더를 통해 측정된 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수에 따라 주행로봇의 정지, 직진, 회전의 운동 상태를 식별하고 식별된 운동 상태에 따른 식별값을 출력한다.

[0061] 일반적으로 주행로봇은 도 5의 (a)에 정의한 바와 같이 간헐적인 정지 상태 외에 발생하는 운동을 크게 3가지로 구분할 수 있다. 각 운동의 정의는 다음과 같다.

[0062] - 흔들림(swaying) : 주행로봇이 직선운동을 유지하면서 동시에 좌우로 미세하게 흔들리는 현상

[0063] - 약회전(curving) : 큰 곡률반경에 따라 천천히 회전하는 현상

- [0064] - 강회전(turning) : 작은 곡률반경에 따라 급속히 회전하는 현상
- [0065] 운동 상태 식별부(152)는 이러한 운동 상태를 엔코더(120)에서 측정된 펄스 신호로 식별하는 데, 주행 바퀴가 좌우에 각각 구비되는 경우, 좌우의 두 엔코더(도 3의 120a, 120b)로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수 (n_{i-R}, n_{i-L})가 모두 0이면 정지 구간($C_E = 0$)으로 식별할 수 있다. 또한, 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수(n_{i-R}, n_{i-L})가 모두 0이 아니며 동시에 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값($\Delta|n_i| = |n_{i-L} - n_{i-R}|$)이 임계값(δ_E)을 초과하는지 여부에 따라 직진, 회전 구간을 식별할 수 있다.
- [0066] 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값($\Delta|n_i|$)이 임계값(δ_E)을 초과하면 약회전(curving) 또는 강회전(turning) 구간이고, 임계값(δ_E) 이하이면 직진운동과 좌우의 미세한 흔들림(swaying)이 공존하는 구간으로 정의할 수 있다.
- [0067] 따라서, 운동 상태 식별부(152)는 도 5의 (b)에 나타난 표와 같이 운동 상태 식별 함수의 출력값 C_E 을 정지 상태일 경우 0, 직진 상태일 경우 1, 회전 상태일 경우 2로 출력한다.
- [0068] 감쇠 이득 제어부(154)는 운동 상태 식별부(152)로부터 출력되는 식별값(C_E)을 이용하여 주행로봇의 정지 구간 또는 직진 구간에 대하여 HDR 기반 필터의 이득값을 각각 다르게 조절한다.
- [0069] 또한, 감쇠 이득 제어부(154)는 운동 상태 식별부(152)로부터 출력되는 식별값(C_E) 외에, 자이로를 통해 측정된 각속도값 중 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값이 기준 각속도 임계값 보다 이하인지 여부를 판단하여, 식별값과 각 구간별 각속도값에 대한 두 조건이 모두 만족하는 구간에 대하여 이득값을 계산할 수 있다. 이득값 계산식은 아래의 수학적식과 같다.
- [0070] [수학적식]
- $$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega_{i-1}|}{\theta_w} & \text{for } C_E = 1, 0 \text{ and } \theta_w \leq 0.7 \\ 0 & \text{for } C_E = 2 \text{ and } \theta_w > 0.7 \end{cases}$$
- [0071]
- [0072] 여기서, A_i 는 이득값, C_E 는 식별값, θ_w 는 자이로를 통해 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값, 0.7deg/s 는 직진 구간에서 발생하는 미세한 회전을 판단할 수 있는 기준 각속도 임계값이다. 즉, 각속도값이 기준 각속도 임계값 보다 크면 강한 회전이고, 기준 각속도 임계값 보다 작으면 약한 회전으로 판단할 수 있다. 여기서, 0.7deg/s 는 이해의 편의를 돕기 위한 하나의 예시에 해당되는 것으로 주행로봇의 사양에 따라 변경될 수 있다.
- [0073] 위 수학적식에 따르면, 감쇠 이득 제어부(154)는 주행로봇의 운동 상태가 회전 구간($C_E = 2$)이고, 각 구간에 대응되는 각속도값(θ_w)이 기준 각속도 임계값인 0.7deg/s를 초과하면 이득값(A_i)을 0으로 조절하여 바이어스 드리프트 요소를 추정하지 않는다. 즉, 이전 추정 바이어스 값으로 간주한다.
- [0074] 또, 주행로봇의 운동상태가 직진 또는 정지 구간($C_E = 1, C_E = 0$)이면서, 동시에 각 구간에 대응되는 각속도값(θ_w)이 기준 각속도 임계값인 0.7deg/s 이하이면, 이전 자이로 출력값과 각 구간에 대응되는 각속도값(θ_w)의 비율을 이득값(A_i)으로 적용할 수 있다.
- [0075] 바이어스 산출부(156)는 감쇠 이득 제어부(154)를 통해 조절된 이득값(A_i)을 HDR 기반 필터에 반영하여 바이어스 드리프트를 산출한다. 산출된 바이어스 드리프트는 추정 바이어스 또는 바이어스 드리프트 추정값이라 부른다. 산출식은 하기 추정식과 같다.
- [0076] [추정식]

$$I_i = I_{i-1} - A_i \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c,$$

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

(단, I_i 는 바이어스 드리프트 추정값, x 는 자이로 출력값, i_c 는 상수)

위 추정식에서, I_i 는 고정 증분(increment) i_c 만큼 적분되면서 추정하며, i_c 의 부호는 자이로의 회전 방향에 따라 결정된다. $\text{SIGN}(\omega_{i-1})$ 는 센서 출력값 즉, 자이로 출력값(x)이 양수면 1, 0이면 0, 음수면 -1을 출력한다.

위 추정식을 통해 추정한 바이어스 드리프트 추정값(I_i)이 도 2에서 자이로(130)에 포함되어 출력되는 바이어스 드리프트 값(ε_d)이 될 때, 최종 출력값은 $\omega_i \cong \omega_{true}$ 가 되므로, 바이어스 산출부(156)를 통해 바이어스 드리프트를 효과적으로 추정할 수 있다.

이상의 구성을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법에 대하여 설명하기로 한다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 주행로봇의 진행각 추정을 위한 바이어스 보정 방법을 설명하는 흐름도이다. 참고로, 도 2 및 도 4의 구성요소를 참조하여 설명한다.

먼저 S100 단계에서, 주행로봇에 탑재된 자이로(130)가 주행로봇의 회전 각속도를 측정한다. 이를 통해 바이어스 보정 장치(100)가 자이로(130)로부터 주행로봇의 회전 각속도에 상응하는 자이로 출력값(ω_m)을 획득한다.

자이로 출력값(ω_m)은 센서 내부에 물리적으로 발생하는 오차에 의해, 실제 회전 각속도값(ω_{true})에 바이어스 요소($\varepsilon_0, \varepsilon_d$)가 포함된다. 즉, 자이로 출력값(ω_m)은 아래 식과 같다.

$$\omega_m = \omega_{true} + \varepsilon_0 + \varepsilon_d$$

다음 S110 단계에서, 바이어스 보정 장치(100)가 신호 필터부(140)에서 자이로(130)로부터 출력되는 자이로 출력값(ω_m)을 평균 필터(average filter)를 통해 신호 처리하여 바이어스 요소 중 고정 바이어스(ε_0)를 제거한다. 따라서, 신호 필터부(140)를 통해 출력되는 자이로 출력값(ω_m)은 아래 식과 같다.

$$\omega_m = \omega_{true} + \varepsilon_d$$

다음 S200 단계에서, 주행로봇에 장착된 엔코더(120)가 주행바퀴의 회전에 따른 펄스를 측정한다. 그리고, 바이어스 보정 장치(100)는 바이어스 추정부(150)에서 엔코더(120)로부터 주행바퀴의 회전에 따른 펄스를 획득하고, 획득한 펄스를 카운팅하여 카운팅 개수(n_{i-R}, n_{i-L})를 계산한다.

다음 S210 단계에서, 바이어스 보정 장치(100)는 바이어스 추정부(150)의 운동 상태 식별부(152)에서, 카운팅 개수에 따라 주행로봇의 운동 상태를 식별하고 그 식별값(C_E)을 출력한다. 식별값은 주행로봇의 운동 상태에 따라 예컨대, 정지 구간이면 0, 약간의 흔들림이 존재하는 직진 구간이면 1, 곡률반경에 따라 회전하는 회전 구간이면 2로 출력한다.

이 단계에서, 바이어스 추정부(150)의 운동 상태 식별부(152)는, 엔코더(120)로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 0이면 정지 구간으로 식별할 수 있다. 또, 엔코더(120)로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수가 0 이 아닌 경우 임계값(δ_E)을 초과하는지 여부에 따라 직진, 회전 구간을 식별할 수 있다.

예를 들어, 주행 바퀴가 좌우에 각각 구비되는 경우, 좌우의 두 엔코더(도 3의 120a, 120b)로부터 출력되는 펄

스의 카운팅 개수(n_{i-R}, n_{i-L})가 모두 0이면 정지 구간($C_E = 0$)으로 식별한다. 또한, 두 엔코더로부터 출력되는 펄스의 카운팅 개수(n_{i-R}, n_{i-L})가 모두 0이 아니고 이와 동시에 두 엔코더로부터 출력되는 카운팅 개수의 차에 대한 절대값($\Delta |n_i| = |n_{i-L} - n_{i-R}|$)이 임계값(δ_E)을 초과하면 회전 구간, 임계값(δ_E) 이하면 직진 구간으로 식별한다.

[0094] 다음 S220 단계에서, 바이어스 보정 장치(100)는 바이어스 추정부(150)의 감쇠 이득 제어부(154)에서, 운동 상태 식별부(152)로부터 출력되는 식별값(C_E)을 이용하여 주행로봇의 정지 구간 또는 직진 구간에 대하여 HDR 기반 필터의 이득값(A_i)을 산출하고, 산출된 이득값(A_i)을 HDR 기반 필터에 반영한다.

[0095] 이득값(A_i)은 하기의 수학적식을 이용하여 산출할 수 있다.

[0096] [수학적식]

$$A_i = \begin{cases} 1 - \frac{|\omega_{i-1}|}{\theta_w} & \text{for } C_E = 1, 0 \text{ and } \theta_w \leq 0.7 \\ 0 & \text{for } C_E = 2 \text{ and } \theta_w > 0.7 \end{cases}$$

[0098] 여기서, A_i 는 이득값, C_E 는 식별값, θ_w 는 자이로를 통해 정지, 직진, 회전 구간에 대응되는 각속도값, 0.7deg/s는 직진 구간에서 발생하는 미세한 회전을 판단할 수 있는 기준 각속도 임계값이다.

[0099] 다음 S230 단계에서, 바이어스 보정 장치(100)가 바이어스 추정부(150)의 바이어스 산출부에서, 이전 단계에서 산출된 이득값(A_i)을 반영하여 바이어스를 추정한다. 바이어스 추정식은 아래 수식과 같다.

[0100] [추정식]

$$I_i = I_{i-1} - A_i \text{SIGN}(\omega_{i-1}) i_c,$$

$$\text{SIGN}(x) = \begin{cases} 1 & \text{for } x > 0 \\ 0 & \text{for } x = 0 \\ -1 & \text{for } x < 0 \end{cases}$$

[0103] (단, I_i 는 바이어스 드리프트 추정값, x 는 자이로 출력값, i_c 는 상수)

[0104] 위 수식을 통해 바이어스 드리프트 추정값(I_i)은 바이어스 드리프트(ϵ_d)에 상응하는 값을 산출할 수 있다.

[0105] 다음 S240 단계에서, 바이어스 보정 장치(100)는 S110 단계를 통해 출력되는 자이로 출력값(ω_m)을 기준으로 바이어스를 보정한다. 즉, 위 추정식을 통해 산출된 바이어스 드리프트 추정값(I_i)을 S110 단계를 통해 출력되는 자이로 출력값(ω_m)에서 제거한다.

[0106] 이때, 바이어스 드리프트 추정값(I_i)이 바이어스 드리프트(ϵ_d)와 동일할 때, 보정을 통해 출력되는 최종 출력값(ω_i)은 아래 수식과 같이 자이로를 통해 측정된 실제 회전 각속도값(ω_{true})이 된다.

$$\omega_i \cong \omega_{true}$$

[0108] 마지막으로 S250 단계에서, 주행로봇은 보정된 최종 출력값(ω_i)으로부터 진행각을 추정한다.

[0109] 한편, 진행각을 추정하기 전에, 바이어스 보정 장치(100)는 스위칭부(170)에서 주행로봇의 운동 상태에 따라 적분 연산의 수행을 선택적으로 차단할 수 있다. 특히, 주행로봇이 정지 구간일 때 진행각 추정을 위한 적분 연산

을 중단하도록 스위칭함으로써 적분 오차가 누적되는 것을 최소화한다.

[0110] 이러한 과정을 통해 추정된 진행각 결과표에 기초하여 검증 실험을 하였다.

[0111] 이를 위해 기존 로봇청소기(VR20H9050UW)에 아래 표에 나타낸 전기적 인터페이스, 크기 규격을 만족하는 자이로 센서를 제작하였다. 관성센서 모듈의 MCU는 ATmega328(Atmel사)를 기반으로 하고, MEMS 자이로는 MPU6050(Invensense사)의 z축 자이로 센서를 채택하였다. 엔코더는 상용 로봇청소기(VR20H9050UW)에 장착되어 있는 RB-35GM(D&J WITH사)를 사용하였다. 그리고 기준 장비는 MotionAnalysis사의 Motion capture system 장비인 Raptor-4를 사용하였다.

[0112] [표]

항목	사양
Bias stability	36 deg/h
Angle Random Walk	3 deg/ $\sqrt{h}$
Rate Random Walk	18 deg/h/ $\sqrt{Hz}$
전원	2.37-3.46 V
크기	4x4x0.9 mm
통신방식	RS-232
Encoder 채널	2 ch
방위각성능	≤ 5 deg(1시간 운용 시)

[0113]

[0114] 기준 장비와, 본 발명의 실시예에 따른 바이어스 보정 장치를 적용한 주행로봇과, 기존 HDR 기반 주행로봇의 진행각 추정결과를 도 7과 같으며, 도 8은 도 7의 그래프에서 일부 구간을 확대하여 보여주는 비교 그래프이다.

[0115] 도 7의 그래프에서 볼 수 있듯이, 기존 HDR 기반 주행로봇(P2)은 시간이 경과함에 따라 기준장비(P1) 대비 오차가 커지는 현상을 보이는 반면, 제안하는 본 발명의 주행로봇(P3)은 전 구간에서 기준장비(P1)와 유사한 결과를 보여주고 있다.

[0116] 도 8에서는 275초에서 300초 확대구간에서 그 차이를 더 극명히 보여주고 있다. 즉, 기존 HDR 기반 주행로봇(P2)은 20도 이상의 오차를 보이고 있으며, 제안하는 본 발명의 주행로봇(P3)은 1도 미만의 오차를 보이고 있다.

[0117] 따라서, 제안하는 본 발명의 주행로봇(P3)은 운동 상태 식별을 통해 구간별 적응적으로 바이어스를 추정 및 보정함으로써 시간에 관계없이 그 성능이 안정화되어 있음을 알 수 있다.

[0118] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술적 사상에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 발명의 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명을 한정하는 것이 아니다. 본 발명의 범위는 아래의 특허청구범위에 의해 해석 되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 모든 기술도 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석해야 할 것이다.

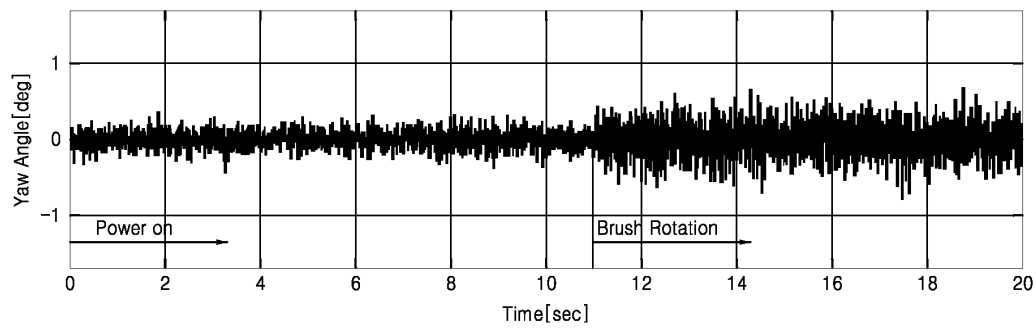
부호의 설명

[0119]

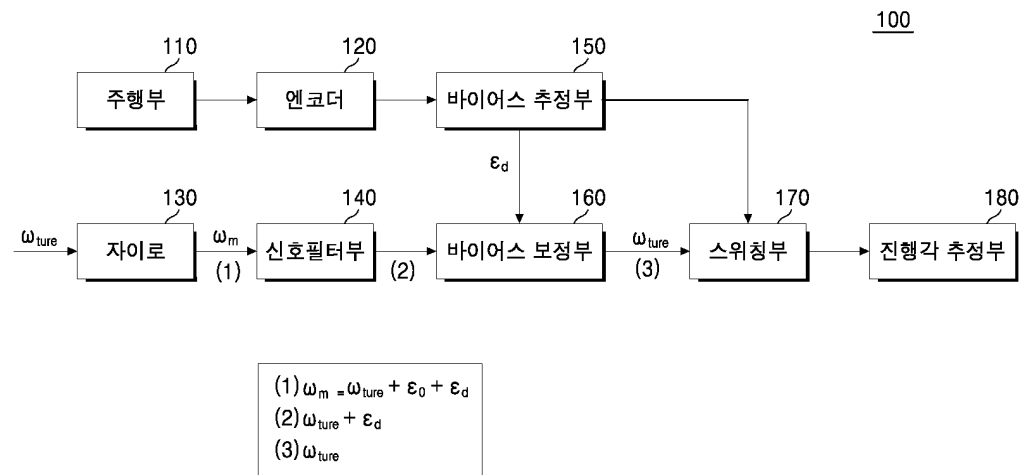
100: 바이어스 보정 장치 110: 주행부
120: 엔코더 130: 자이로
140: 신호필터부 150: 바이어스 추정부
160: 바이어스 보정부 170: 스위치부
180: 진행각 추정부 152: 운동 상태 식별부
154: 감쇠 이득 제어부 156: 바이어스 계산부

도면

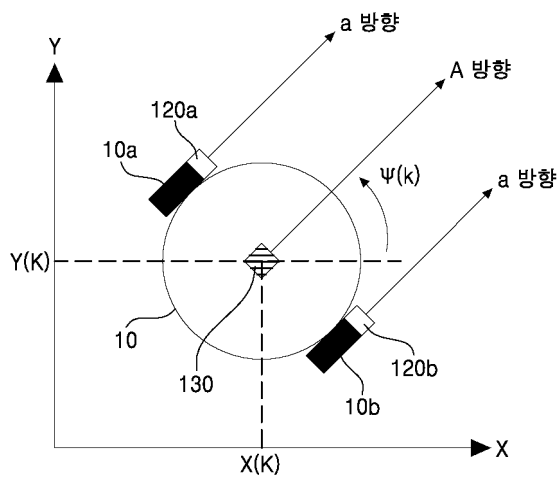
도면1



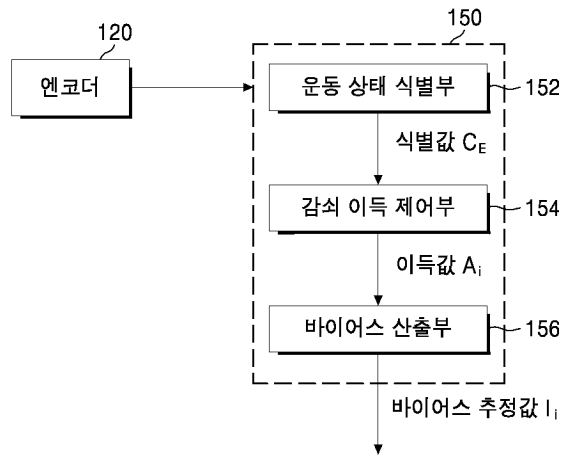
도면2



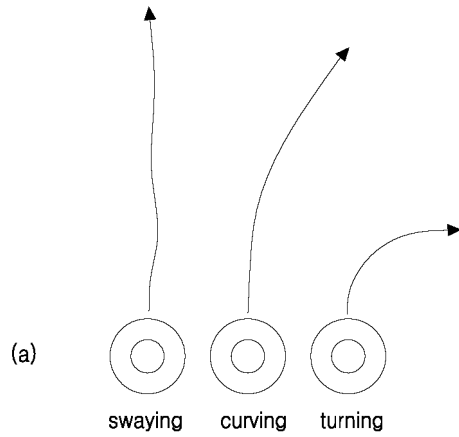
도면3



도면4



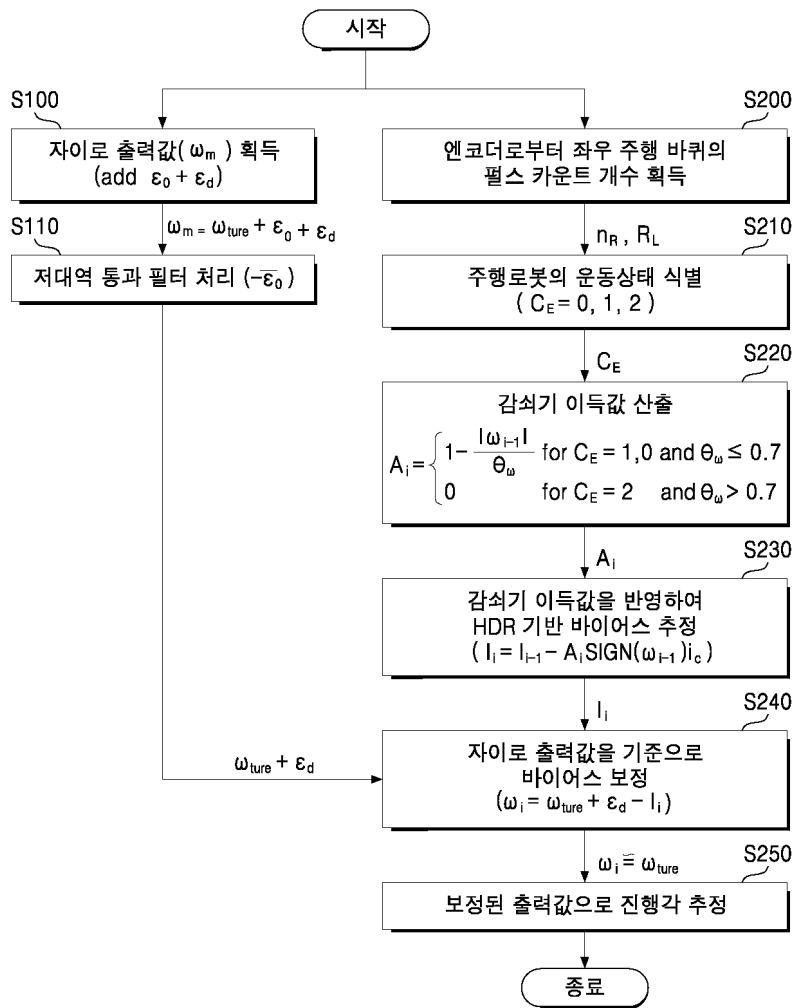
도면5



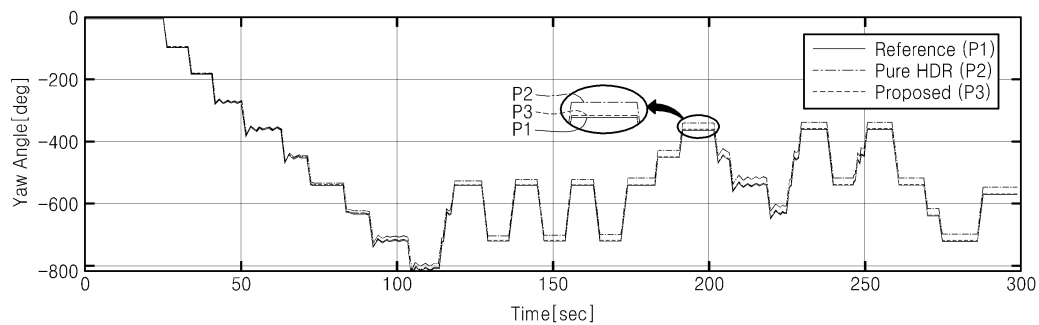
(b)

주행조건	n_{iL}	n_{iR}	$\Delta n_i $	C_E
정지	$= 0$	$= 0$	$= 0$	0
직진(흔들림 포함)	$\neq 0$	$\neq 0$	$\leq \delta_E$	1
회전 (강회전/약회전 포함)	$\neq 0$	$\neq 0$	$> \delta_E$	2

도면6



도면7



도면8

