

원격지도 작성을 위한 청소로봇 설계 및 성능평가

강진구^o, 김재진^{*}

^o극동정보대학 자동차튜닝과

^{*}극동정보대학 컴퓨터정보과

e-mail : jgukang@kdc.ac.kr, dkimijj@kdc.ac.kr

A Cleaning Robot Design and Performance Evaluation for Remote Mapping

Jin-gu Kang^o, Jae-jin Kim^{*}

^oDept. of automotive Tuning, Keuk-Dong College

^{*}Dept. of Computer Information, Keuk-Dong College

● 요약 ●

현재 지능형 서비스로봇이 활성화되고 있으며 지능형 로봇 분야에서 청소로봇은 개인생활의 본질적인 운동성을 보조하며 인간과 공생의 형태를 지원하는 로봇으로 성장하고 있다. 청소로봇은 가정에서 다양한 서비스를 제공하기위하여 가정환경과 적절한 상호작용은 필수적이다. 따라서 로봇이 외부의 서버와 협동을 통한 원격제어는 필수적이라 할 수 있다. 현재 지도 작성이 가능한 청소로봇은 바닥에 센서를 부착하거나 작업환경에 카메라 및 기타 많은 장치를 구축하므로 고가의 장비로 분류되어 일반적으로 활용지 못하고 있다. 본 연구에서는 청소로봇의 효율적인 제어를 위하여 작업환경에서 로봇의 궤적과 센서정보를 원격으로 서버에 전달하고 서버는 이러한 정보를 바탕으로 지도를 작성하고 최적의 작업을 수행할 수 있는 알고리즘을 연산하여 로봇에 전달할 수 있는 방법을 연구하였다. 이는 로봇이 지도 작성을 위한 연산 과정을 줄이므로 수행 시간을 단축하고 로봇에 주어지는 부하를 줄일 수 있다. 또한 원격으로 제어를 수행하므로 무선통신이 가능한 각종 디바이스와 상호 연동할 수 있는 체계를 만들어 유비쿼터스 환경을 구축할 수 있는 계기를 만들므로 청소로봇의 성능이 향상될 수 있음을 보인다. 본 연구에서는 청소로봇을 제작하고 시뮬레이션과 실험을 통하여 전체적으로 주어진 작업을 효율적으로 수행할 수 있음을 보여준다.

키워드: 지능형(Intelligent), 청소로봇(Cleaning Robot), 유비쿼터스환경(Ubiquitous Environment)

1. 서론

서비스로봇 분야의 하나인 청소용 로봇은 인간의 기초 생활 영역인 가정에서 가장 밀접한 관련을 가지고 있으며 산업의 발전과 더불어 생산현장에서의 활용도 기대되어지고 있다. 최근 지능형 로봇의 관심은 증가되고 있는 실정이며 그 주된 이유는 사람이 직접 관찰하기 어려운 환경이나 실제의 작업 환경에서 영향력을 미치는 요소가 증가하고 있기 때문이다. 현재 상업화되고 있는 지도 작성용 청소로봇은 바닥전체에 센서를 부착하는 방식이 일반적으로 사용되고 있으나 이는 많은 센서의 사용으로 고가의 장비로 분류되고 있다. 또한 비전 시스템은 영상처리를 수행 하고 특징을 추출하여 해당 물체가 어떤 물체인지를 알아내는 방법을 사용하였다. 하지만, 이러한 방법은 인식률이나 속도 면에서 만족스러운 결과를 내지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 청소로봇이 장애물과 위치인식을 위하여 초음파센서와 적외선센서 구성하였다. 구동부에는 엔코더를 통하여 로봇의 진행거리와 방향 그리고 궤적을 생성할 수 있도록 구성하였다. 이러한 일련의 획득된 정보는 RF를 통하여 서버에 전달되고

서버는 이러한 정보를 바탕으로 지도를 작성하여 청소로봇으로 다시 전달되므로 효율적 제어가 가능하도록 구성하였다. 본 연구에서는 이러한 작업수행을 위하여 로봇의 정확한 방향 각도를 추출하기 위하여 자이로센서를 이용하였으며 모터구동을 위하여 PID 알고리즘을 적용하였다. 제작된 청소로봇은 그림 1과 같다. 전체시스템의 제어구성은 그림 2와 같이 구성 하였다.

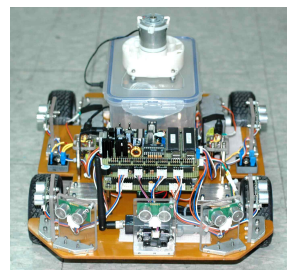


그림 1. 청소로봇 시스템

Fig. 1. System of the Cleaning Robot

II. 구성 및 기구학

1. 청소로봇의 구성

본 연구에서 구성된 청소로봇은 크게 제어부, 센서부, 모터 구동부, RF 통신부, 그리고 청소를 위한 흡입부로 나누어진다. 제작된 청소로봇의 구성은 그림 2와 같다.

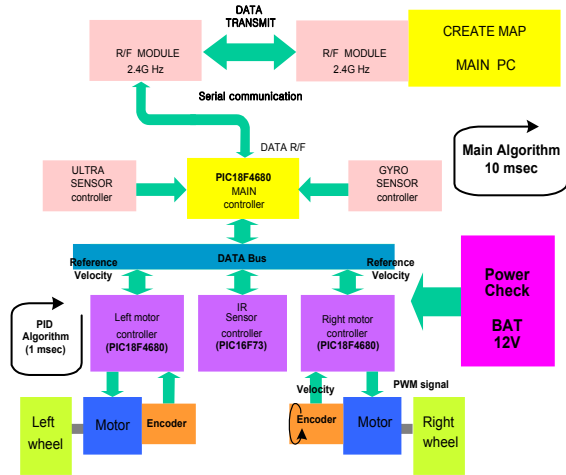


그림 2. 청소로봇의 구성도

Fig. 2. Constructional Diagram of Cleaning Robot

독립적 목적으로 설계된 로봇은 하나의 작업을 수행하기 위하여 각각의 하위제어기들이 동시에 이루어져야 한다. 청소로봇의 시스템 구성은 4개의 DC 모터를 이용하여 4개의 바퀴를 가지는 구조이며 각 모터를 구동시키는 모터드라이버는 H-Bridge 형으로 구성하여 양방향의 속도 및 위치제어에 적합하도록 설계하였다. 또한 각 모터에는 500 pulse 출력의 엔코더가 부착되어 속도 제어 및 위치계산에 적합하도록 구성하였다. 엔코더 신호를 4채배의 정밀도로 제어된다. 청소로봇의 하위구조인 센서 제어에 관련된 많은 작업들을 실시간으로 제어하기 위하여 다수개의 제어기들이 네트워크를 통하여 제어를 수행하는 분산제어방식을 채택하였다. 본 논문에서는 CAN(Controller Area Network)방식을 청소로봇에 도입하여 주 제어기가 5개의 하위제어기에 네트워크를 통하여 명령을 내린다. 하위제어기는 주어진 센서입력의 처리 및 속도명령과 각속도 등을 분산적으로 처리하여 메인 프로세서로 전달하므로 각 제어기의 독립성과 처리속도를 증대시키고 로봇의 기능별 확장이 용이하도록 구성되었으며 궤적계획은 하위 센서들의 입력에 의한 데이터 값의 조합에 의한 효율적 작업이 수행될 수 있다.

2. 청소로봇의 기구학

청소로봇의 운동을 해석하기 위해서 그림 3과 같이 좌표계를 설정한다. 2차원 평면으로 구성된 직교좌표 공간상에서 각각의 속도 기구학을 통해 청소로봇의 상태를 위치와 방향을 갖는 벡터 $p = [x_m \ y_m \ \theta_m]^T$ 로 표현할 수 있다[2][4].

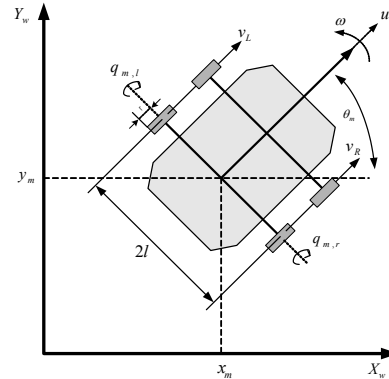


그림 3. 청소로봇 모델링 및 좌표계

Fig. 3. Cleaning Robot modeling and coordinate system

여기서,

X_W, Y_W : Cartesian 좌표계에서의 World frame

x_m, y_m : Cartesian 좌표계에서의 청소로봇의 중심점의 좌표

l : 청소로봇 중심에서 바퀴 축까지의 거리

v_R, v_L : 청소로봇의 오른쪽 및 왼쪽 바퀴의 선형 속도

u : 청소로봇 중심에서의 선형속도

ω : 청소로봇 중심에서의 각속도

청소로봇을 제어하는데 있어서의 두 제어입력인 선형속도 u 와 각속도 ω 로 달리 표현하면, 식(3.5)와 같다[1].

$$\begin{aligned} u &= \frac{1}{2}(v_r + v_l) \\ \omega &= \frac{1}{2l}(v_r - v_l) \end{aligned} \quad (1)$$

입력변수 q 에 대한 전역좌표계에서의 속도 \dot{p} 는 자코비안 행렬 $J(p)$ 에 의해 통해 식 (2)과 같이 표현된다[2][3].

$$\begin{aligned} \dot{p} &= J(p) \dot{q} \\ \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ \omega \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

전역좌표계에서의 위치벡터 p 는 식 (3)과 같이 식 (2)의 적분형태가 된다.

$$p = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \int u(\tau) \cos(\theta(\tau)) d\tau \\ \int u(\tau) \sin(\theta(\tau)) d\tau \\ \int \omega(\tau) d\tau \end{bmatrix} \quad (3)$$

이러한 기구학적 관계로부터 로봇은 매 제어주기마다 위치벡터를 계산하며, u 및 ω 는 각 바퀴의 엔코더 신호로부터 계산된다[4].

III. Map-Building

지도 작성은 정해진 초기 위치에서 청소 로봇이 출발했을 때, 자체 모터로부터 출력된 엔코더(Encoder)의 값, 초음파 센서, 자이로센서로 부터의 출력 데이터를 바탕으로 RCD(Region of Constant Depth) 지도를 작성하며 RCD 지도와 실제 센서 데이터를 분석 후 로봇만의 지도를 작성한다. 로봇의 위치추정 과정은 그림 4와 같다.

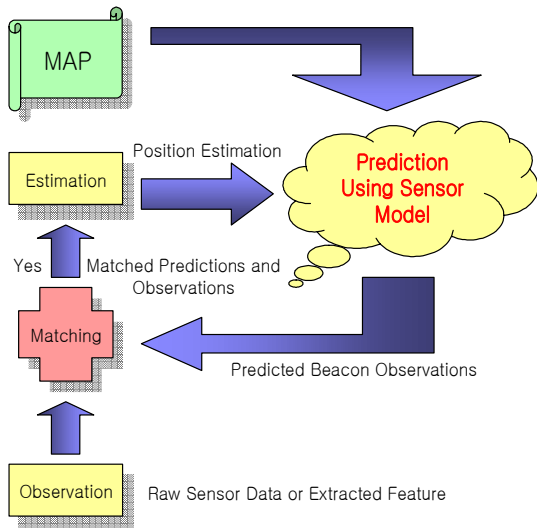


그림 4. 청소로봇의 위치추정과정
Fig. 4. Position Estimate cycle of Cleaning Robot

이러한 절대위치절대 위치결정방식은 이미 알고 있는 기준 위치들로부터 거리 혹은 각도를 측정하여 기하학적으로 위치를 결정한다. 또한 지도 이용 시 기준 위치를 인위적으로 설치하지 않고, 주어진 지도의 환경요소들을 기준으로 결정한다. 이러한 알고리즘은 구조화가 잘 된 실내 환경은 평면, 구석, 모서리, 원주 등의 요소들로 모델링이 가능하므로 청소로봇에 용이하다.

IV. 시뮬레이션 및 실험

시뮬레이션은 자이로센서를 시뮬레이션을 하였다. 자이로센서는 각속도를 출력하고 각속도를 시간에 따른 적분과정을 통하여 각도를 추출한다. 그러나 자이로센서는 적분과정에서 드리프트(Drift)누적 오차가 발생하므로 로봇이 정지하였을 때 초기화를 시켜 회전 각도를 추출한다. 그림 5는 자이로센서가 정지 상태와 회전하였을 경우의 출력을 나타낸다.

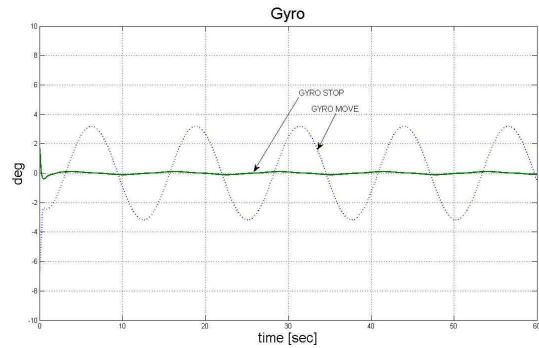


그림 5. 자이로센서 출력
Fig. 5. Gyro sensor output

구동축에 바퀴 축에 모두 Step 입력을 인가하여 바퀴의 1축과 2축의 결과를 그림 6에서 나타내었다. PID Gain은 P=4 I=0.01 D=2로 정하였고, 바퀴의 반지름은 45mm이며 시간은 60초로 설정하였을 때의 제어기의 출력과 위치 추정 값을 나타내었다.

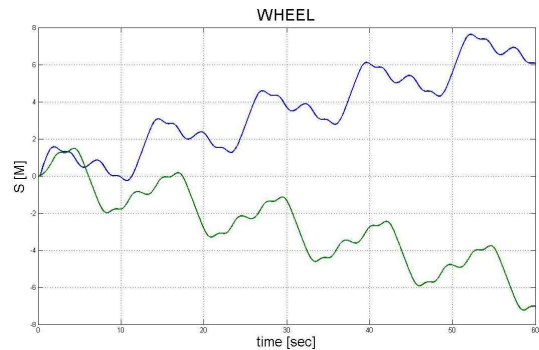


그림 6. 제어 출력
Fig. 6. Control output

제어출력과 센서정보를 서버로 전송하고 서버는 이를 지도로 표현하며 경로를 설정하고 다시 청소로봇으로 전송하는 과정을 그림 7에 나타내었다.

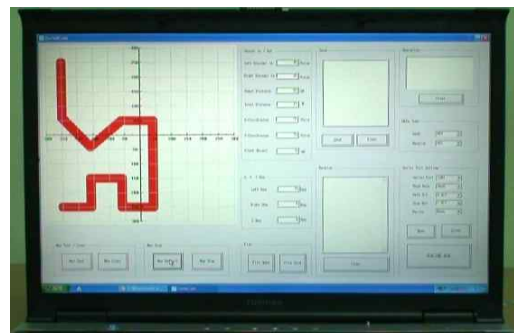


그림 7. 청소로봇의 맵작성
Fig. 7. Position Estimate cycle of Cleaning Robot

V. 결론

본 연구에서는 원격으로 지도를 작성하고 청소로봇의 최적경로를 서버에서 지령할 수 있는 시스템을 구성하여 성능을 평가하였다. 청소로봇은 작업공간에 제약이 없으므로 최적화 충분조건을 바탕으로 이동 능력에 따른 위치오차를 향상시킬 수 있다. 실험결과 청소로봇에서 장애물을 인식하기 위하여 프로세서에서 처리되는 시간은 초음파센서의 특성, 엔코더의 특성과 자이로스코프의 변화에 따라 응답속도와 정상상태 오차가 매우 달랐다. 이러한 결과의 원인은 청소로봇은 모터로 움직이며 그것의 동특성은 매우 비선형적이기 때문이다. 따라서 시스템의 상태방정식을 정확하게 세우기가 매우 어려워 PID Gain을 설정하기가 많은 어려움이 있다. 또한 시료가 모아질수록 로봇의 무게가 틀러지므로 Gain을 다시 조정해야만 한다. 그러므로 청소로봇을 보다 유연하고 정밀하게 제어하기 위하여 Self Tuning PID를 연구가 필요하다. 또한 청소로봇이 활용되는 환경마다 상이한 조건이므로 각각의 환경과의 불일치에 따른 소프트웨어적인 튜닝이 필요하다. 향후 과제로서 청소로봇의 속도제어에 있어서 위치오차의 보정을 위한 외부센서의 응답 특성을 고려한 설계과정과 모터 파라미터

및 불확실성에 대한 강인성 문제에 관한 연구와 RF 통신과 더불어 인터넷 통신매체와 결합한 형태의 로봇의 개발이 계속되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 강진구, 이장명 “비전 정보를 이용한 이동 자율로봇의 물체 추적에 관한 연구” 한국컴퓨터정보학회, 제 13권, 제 2호, pp. 235-242, 2008.
- [2] F.L.Lewis, “Control of Robot Manipulators,” Macmillan Publishing, 1993.
- [3] Mark W. Spong, “Robot Dynamics and Control,” John Wiley & Sons, 1989.
- [4] 강진구 “시각 정보를 이용한 이동 자율로봇의 궤적 계획에 관한 연구” 디지털산업정보학회 추계학술대회, pp. 66-72. 2008.
- [5] Jin-woo Park, Jae-Han Park, Jang-Myung Lee, “Intelligent Control of a Mobile Robot using Fuzzy Logic,” Proc. of ITC-CSCC'99, Japan sado, 1999.