

전도 측정을 위한 모바일 로봇 플랫폼 구현

*이동광, **공정식, ***권오상, ****장문석, *강신혁, *****신운철, *****김정수, *이응혁
 *한국산업기술대학교 지식기반기술 에너지대학원 정보통신공학과, **대덕대 마이크로로봇과, ***경기공업대 자동화로봇과,
 ****인하대학교 전자공학과, *****한국산업안전공단 산업안전연구원

Mobile robot platform embodiment to measure slippery degree of road

*Dong-Kwang Lee, **Jung-Shik Kong, ***Oh-Sang Kwon, ****Mun-Suk Jang, *Shin-Hyuk Kang,
 ***** Woon-Chul Shin, *****Jung-Soo Kim, *Eung-Hyuk Lee

* Department of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University ** Department of Microrobot, Daeduk College
 *** Department of Automation and Robot, Kyonggi College **** Department of Electronic Engineering, Inha University
 ***** Korea Occupational Safety & Health Agency

Abstract - 작업자가 작업장에서 전도 등으로 인한 산업 재해를 입지 않도록 하기 위해서는 작업장에서의 전도 상황을 판단하여야 하며, 이러한 전도 상황을 측정할 때 자동화된 전도 측정 장치는 작업장에서의 효율성을 확보하는 동시에, 전도를 측정하는 사람이 측정 과정에서 일어날 수 있는 부상사 등을 예방 하여 산업재해를 미연에 방지해서 이를 통한 산업 현장의 안정성 확보를 통한 부대 비용 발생을 방지할 수 있게 된다. 이러한 자동화된 전도 측정을 위한 방법으로써 전도 측정용 로봇의 개발하였다.

로봇에 사용되거나, 상업용 모델에도 적용된다. Differential Drive는 두 개의 wheels로 구성이 되어있다. 이 두 개의 wheel은 각각의 모터에 의해 제어되며, 중심이 동일 축에 위치하게 된다.

1. 서 론

2003년과 2004년을 기초로 보았을 때 협착, 전도, 추락, 충돌, 낙하 등의 재래형 재해가 전체 업무 사고 재해의 76.5%를 차지 전도에 의한 사상자는 매년 15,000명 이상이 존재하며 이는 산업 재해 중에서 가장 많은 재해 중 하나에 속하였다[1]. 전도에 의한 재해를 방지하기 위해서는 공사 현장에서의 전도 위험성 정도를 지속적으로 측정하고 전도 위험한 상황을 작업하는 사람들에게 알릴 수 있어야 한다. 현재 전도 측정을 위한 시스템은 사람이 수동으로 작업을 해야 하는 상황이며 이는 공간과 시간적인 제약뿐만 아니라 전도 측정하는 사람에 대한 안전성을 확인하기에는 어려움이 존재한다.

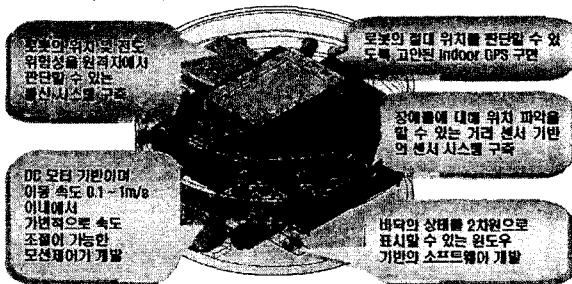
로봇 기술은 공장, 산업, 가정 등에 활발히 이용되고 있으며, 특히 로봇의 등장은 인건비 절감과 편의성 제공으로 인해 사람의 생활에 밀접한 영향을 주고 있다. 로봇 기술의 발전은 전도 측정의 자동화 시스템에 역시 적용이 가능하다.

기존의 로봇 개발을 위한 주제어부와 센서부의 인터페이스는 모두 serial 로 제어를 하거나, CAN bus 혹은 Ethernet Controller를 두어 제어를 하여 Hard RT Task를 구현하고 있으며, 또한 메인 시스템으로는 Embedded XP Board를 사용하여 PC급 windows XP를 OS로 선택하게 되며, 이는 USB의 Real Time기능을 사용할 수 있게 된다. 이러한 시스템은 저 전력/고성능의 임베디드 시스템의 수행목적이 맞지 않았다.

이러한 문제점은 보완하기 위해 본 논문에서는 컨트롤 보드를 VIA C7-M Ultra Low Voltage (ULV) 1GHz가 내장된 UMPC를 사용하였고, 운영체제는 Windows XP를 사용하여 USB의 Real Time기능을 사용할 수 있게 하였다. 위치인식 센서, 블루투스모뎀을 장착 하였으며, 물체 감지용 초음파 링, POWER컨트롤러, 모션컨트롤러, 전도측정 센서를 직접 개발 하여 전도측정용 모바일 로봇 플랫폼을 구현하였다.

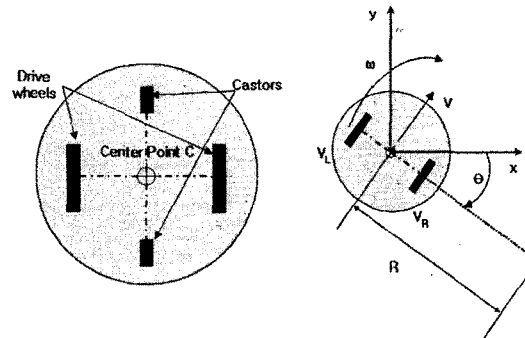
2. 본 론

2.1 전도 측정 로봇의 기구 설계



<그림 1> 전도측정로봇설계 구성

본 논문에서 사용된 Differential Drive는 주행로봇을 위해 가장 간단하면서도 유용한 구동 메카니즘이다. 소형이며, 저가, 실내 환경에서 구동되는



<그림 2> Differential Steering Drive의 좌표계

운동학은 상태공간에서 제어파라미터와 시스템에 의한 동작 사이에 대한 관계를 논한 것이다. 조절되고 있는 휠의 속도는 로봇의 움직임을 결정짓는다. 차륜으로 구동 시 구르는 움직임을 표시하기 위해 두 개의 구동 휠 각각으로 로봇은 두 개의 구동 휠의 동일축선 상에 놓인 한 점을 기준으로 회전해야 한다. 두 개의 휠에 각각 속도를 다르게 함으로써, 회전축이 다르게 될 수 있고, 선택된 다른 궤도를 들 수 있다. 식<1>의 순간순간마다 로봇이 회전하는 회전축은 오른쪽 휠과 왼쪽 휠이 동일한 각속도 ω로 ICC(Instantaneous center of curvature) or ICR(instantaneous center of rotation) 주위를 이동하는 한 경로를 따르는 속성을 가져야 한다.

$$w \left(R + \frac{l}{2} \right) = v_r \quad <1>$$

$$w \left(R - \frac{l}{2} \right) = v_l$$

여기서 l은 두 휠의 중심점 사이의 축을 따르는 것이다. 왼쪽 휠은 속도 V_l 로 오른쪽 휠은 속도 V_r 로 이동하며, R은 ICC부터 두 휠 사이의 중간 지점까지의 거리이다. 또한 어느 고정된 시간에서 R과 w의 값은 식<2>와 같다.

$$R = \frac{l}{2} \frac{(v_l + v_r)}{(v_r - v_l)} \quad <2>$$

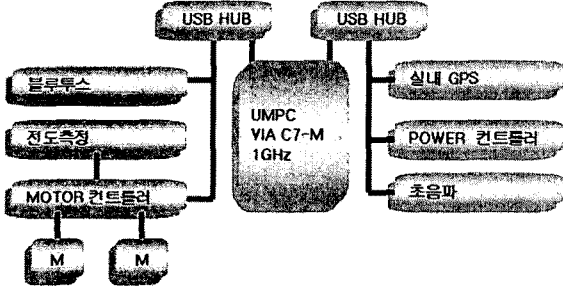
$$w = \frac{(v_r - v_l)}{l}$$

여기서 $V_r = V_l$ 이면 반경 R은 무한대이며 로봇은 직선을 따라 움직인다. 또한 $V_r = -V_l$ 이면 반경은 0이 되며, 로봇은 두 휠 사이의 중간점을 축으로 하여 회전한다. 이러한 주행은 로봇이 좁은 환경이나 통로를 주행해야 할 경우에 유용하다. 속도 V_r 과 V_l 을 각각 다르게 주어지면, 로봇은 직선을 따라 이동하지 않고 곡선의 궤도를 따라 움직이게 되며, 로봇의 위치와 방향이 각각 변하게 된다[2].

2.2 전도 측정 로봇의 제어시스템 구조

그림<3>에 로봇의 제어를 위한 시스템의 전체 구조를 나타내었다. 센서 입력으로는 장애물 검출을 위해 초음파 센서를 사용하였다. 실내의 구동축 바퀴의 슬립현상(전도측정)을 확인하기 위하여 실내 GPS를 사용하였다. 또한 전원 제어를 사용하여 각 모듈의 원활한 전원을 배터리에서 공급하고 배터리의 전압 및 구동 중 전류의 값을 확인하도록 하였다. 구동부는 주행 및 조향을 위해 2개의 모터를 사용하였다. 또한 전도측정센서를 부착하여 주행

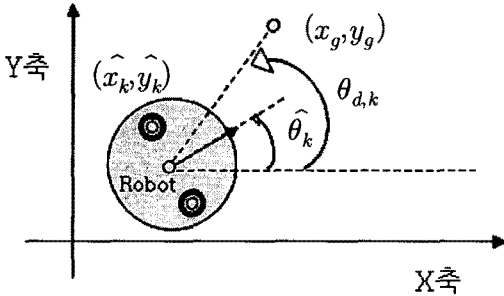
중에 전도측정을 할 수 있도록 하였다. 메인시스템과의 인터페이스는 USB를 사용하였으며 외부기와 통신을 위해서 Bluetooth v1.1 Class2를 사용하며 통신거리는 Patch 안테나를 사용하여 최대 1Km를 보좌하였다. 운영체제는 Windows XP를 사용하였으며 Linux와 비교하여 고가지만 LINUX처럼 까다로운 커널컴파일과정이 필요 없이 OS에 비주얼 C를 설치하여 프로그램을 바로 구현 및 실행을 쉽게 적용가능하다는 장점이 있다.



<그림 3> 전도측정로봇의 제어부 구성도

2.3 로봇의 위치 인식 주행제어

로봇의 정확한 절대좌표를 인식하기 위해 실내GPS IGS4를 사용한다. 전도측정 중 모터의 슬립현상을 보정하기 위하여 사용하며 사용자가 원하는 방향으로 정확히 이동하도록 주행제어의 DATA를 읽어오는 역할을 한다.



<그림 4> Navigation control algorithm

절대좌표를 주어진 목표점 식<3>에 이르기 위한 제어입력을 다음과 같이 한다.

$$r_g = [x_g, y_g]^t \quad <3>$$

$$v_g = c$$

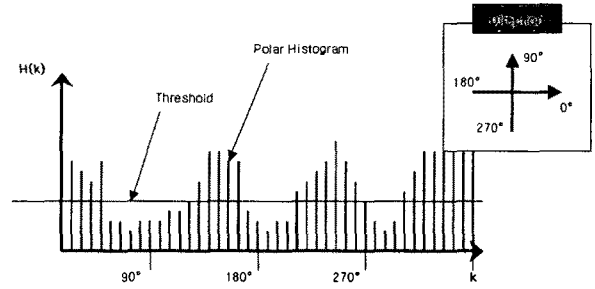
$$\theta_{d,k} = \tan^{-1} \frac{y_g - y_k}{x_g - x_k} \quad <4>$$

$$w_k = k_\theta (\theta_{d,k} - \theta_k) \quad <5>$$

여기서 c와 k_θ는 양의 상수이며 식<4>는 주어진 목표점위치에 대한 각이다. 식<5>는 그림<4>에 보는바와 같이 이동로봇의 속력은 일정하게 유지하고 단지 방향에 대한 오차에 대하여 양 배위의 속도차를 이용하여 로봇의 방향이 목표점을 향하도록 하는 접근주행 방식이다[2].

2.4 장애물 회피를 위한 방향 검출

장애물 검출 및 회피 알고리즘으로는 Borenstein이 제안한 VFH(Vector Field Histogram)으로써 실시간으로 Polar Histogram을 통한 Active Window를 구성하여 국부적인 장애물 검출 및 경로계획을 세우게 된다. 그러나 이 알고리즘은 실시간으로 입력된 초음파 어레이 정보에 의해 33×33개의 grid cell(로봇의 크기에 따라 확장될 수 있음)을 구성하여 장애물의 유무에 따른 각Cell에 확률적인 점유율을 정하여 실시간으로 업데이트를 하게 되므로, 실시간적인 계산량이 많게 된다. 따라서 본 연구에서는 거리 검출 센서로서 장애물 회피하기 위한 알고리즘으로 Modified VFH알고리즘을 제안한다. 기존의 VFH에서 작성한 Polar Histogram은 장애물이 있을 확률의 크기를 각 셀에 점유한 값으로 구성하고 셀의 값을 Polar Histogram으로 재구성하는 방식이나, 본 연구에 제안한 알고리즘은 로봇의 주위로 10×10m범위에서 로봇이 진행해 나갈 수 있는 벡터의 크기로 구성된 Active Vector maps를 작성한다. Active window의 구성은 기존의 VFH에 의한 구성과 동일하나 cell의 수가 기존의 33×33개의 정사각형으로의 구성에서, 로봇 주위의 반경 5m의 원안에만 cell이 존재하는 15×45 + 8×8×4개의 cell로 구성된다. 이 Active window는 로봇이 주행하는 경로에 겹치었을 경우 활성화 되어 작용하여 회피하기 위한 공간을 구하게 된다.

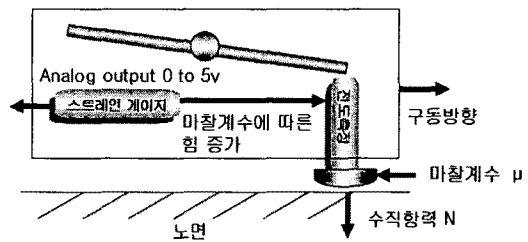


<그림 4> Polar Histogram 그래프

생성한 Polar Histogram에 의하여 로봇이 장애물을 검출하고 회피하는 공간으로 주행하기 위하여 Threshold값에 의하여 장애물의 유무를 판단하고, 각각의 Polar Histogram의 factor인 k값과 H(k)에 의하여 회피하는 방향을 결정짓는다[3].

2.5 전도측정을 위한 센서부 구현

그림은 미끄러짐 센서의 부분품으로 센서 장치의 미끄러짐의 마찰력을 측정할 수 있는 구조도이다.



<그림 5> 전도측정장치 구성도

전도측정 장치에 장착되어진 모터를 구동하여 일정한 수직항력을 주게 된다. 마찰력 크기를 f, 수직항력을 N, 마찰계수를 μ라고 할 때 식<6>의 관계가 성립한다. 마찰의 정도를 나타내는 마찰계수는 물체의 재질, 표면의 매끄러운 정도, 윤활제의 유무와 종류 등에 따라 달라진다.

$$f = \mu N \quad <6>$$

스트레인게이지 측정 장치의 Analog Output은 MOTOR 컨트롤러 DSP2811의 ADC를 통해 입력을 받는다. 그리고 이러한 데이터를 이동 평균 필터를 통해 데이터의 신뢰성을 확보 한 후 센서 데이터를 기초로 전도를 측정하게 된다.

3. 결 론

산업현장의 실내 환경 중 콘크리트 바닥을 주행하도록 하였다. 원격지에서 모니터링 및 제어가 가능하도록 하였으며 로봇의 위치를 정확하게 파악 할 수 있고 지나간 자리를 저장 하여 전도를 측정된 부분과 안 된 부분을 판단 할 수 있게 하였다. 원격지 PC와 로봇 간에 Bluetooth로 연결하여 1Km 내에서 로봇의 상태를 파악 할 수 있으며 전도측정 DATA를 수집할 수 있었다.

본 논문의 향후 과제는 산업현장의 사람이 많이 오가는 곳에 로봇을 구동 시켜 경계 턱 및 계단에 구애받지 않고 각종 산업현장에서 발생하는 여러 전도 사고가 있을 만한 곳을 탐색하여 사람들에게 위험상황을 사전에 영상이나 사진 음향으로 알려 줄 수 있도록 하는 문제를 다루는 일이다.

[참 고 문 헌]

[1] <http://www.kosha.net> 한국산업안전공단 “중대재해원인분석 보고서 (2004)”
 [2] P. Turennot, G. Honderd and L. Schelven, “Wall-following control of a Mobile Robot” Proc, IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.280-285,1992.
 [3] J. Borenstein and Y.Koren, “The vector field histogram - fast obstacle avoidance for mobile robots.” IEEE Trans. on Robotics and Automation, vol. 7, no. 3, pp. 278-288, June, 1991.