

GPS와 지자기 센서를 이용한 외부환경에서의 이동로봇 제어

Mobile Robot Control Using GPS and Magnetic Sensor in Outdoor Environment

김병관, 김성주, 김종수, *김용민, 전홍태
중앙대학교 전자전기 공학부

*충청대학 컴퓨터학부

Byeong-Kwoan Kim, Seong-Joo Kim, Jong-Soo Kim, *Yong-Min Kim and Hong-Tae Jeon

School of Electrical and Electronic Engineering, Chung-Ang University

*Dept. of Computer Science, Chung-Cheong University

E-mail : schopenhauer@empal.com

요 약

GPS(global position system)은 특별한 표식이 없는 외부환경에서 위치 측정을 위한 가장 좋은 가능성을 보여주고 있다. 그러나 현재 GPS의 오차에 의해서 위치 측정은 불가능하다. 또한 속도가 느린 이동로봇의 방향정보를 얻는 것도 힘들다. 본 논문에서는 지자기 센서를 이용하여 이동로봇의 방향정보를 이용하고 이동로봇의 인코더와 GPS를 이용하여 보다 정밀한 위치 측정이 가능하게 하였다. 이를 바탕으로 이동로봇의 지도를 작성하고 이동로봇의 안전한 경로를 신경망을 이용하여 학습하여 고장이나 충돌회피에 의해 이동로봇이 위험한 경로로 이동하는 것을 사전에 방지하였다. 또한 지도와 획득한 위치정보를 바탕으로 특정위치에서 임무를 수행함으로써 이동로봇이 외부환경에서의 방법활동이나 산업현장에 적용될 수 있음을 보이고자 한다.

1. 서론

현재까지 초음파 혹은 레이저 센서와 주행계를 이용한 실내 환경에서의 이동로봇의 제어가 활발히 진행되어 왔다. 그러나 현재는 외부환경에서의 이동로봇의 제어가 흥미로운 과제로 제시되고 있다. 외부 환경에서의 이동로봇의 제어는 목적에 따라 다양한 환경이 존재한다. 즉 숲과 같은 환경에서 주행을 요구할 수도 있고 혹은 단지 주차공간과 같은 비교적 간단한 환경이 존재할 수 있다. 이러한 다양한 환경이 존재할 수 있으므로 상황에 따라 각기 다른 센서와 주행방법이 요구된다. 본 논문에서는 비교적 간단한 환경을 구축하여 외부환경에서 이동로봇이 목적에 맞게 제어하는 후자의 경우에 설명한다.

그러나 심지어 이러한 단순한 환경이라고 하더라도 실내 환경에서의 로봇제어와는 다른 여러 가지 문제가 발생한다. 예를 들어 초음파 센서는 로봇의 위치측정을 위하여 사용할 수 없다. 로봇의 위치측정을 위해서 이전의 벽이나 코너 등의 정보를 사용할 수 없기 때문이다.[1]

외부환경에서 이동로봇의 위치 측정을 위하여 반사물(reflector)이나 인공적인 표식 (artificial landmark)등의 추가적인 정보 표식을 이용할 수 있으나 외부환경처럼 큰 환경에 적용하기에는 추가적인 비용이 너무 많이 든다. 외부환경에서의 이동로봇의 위치 측정을 위한 가장 좋은 가능성은 GPS(Global Position System)이다. 2004년 4월까지의 군사적인 이유로 충분한 정확도를 얻기 힘들었지만 지금은 모든 위성의 정보를 아주 작

은 데이터 처리만하는 싸고 간단한 칩으로도 쉽게 충분한 정확도를 가지는 위치 측정을 할 수 있기 때문이다.

이 논문은 GPS와 마그네틱 센서 이동로봇의 인코더를 이용하여 이동로봇의 위치를 추적하고 실제 실외환경에서 이동로봇의 산업적 이용이 가능함을 보이고자 한다.

2. 본론

2.1 전체 시스템 개요

본 논문에서는 외부환경에서 사용자가 이동로봇으로부터 환경정보를 제공받고 필요시 이동로봇을 제어하는 시스템을 구성한다. 이동로봇의 제어가 실내 환경보다 훨씬 큰 외부환경에서 이루어지고 그러므로 위치 측정을 위하여 사용자와 이동로봇은 GPS 수신기를 이용한다. 또한 이동로봇과 사용자 사이에 무선 랜 환경을 외부환경에서의 정보나 명령의 전송이 가능하도록 구성하였다.

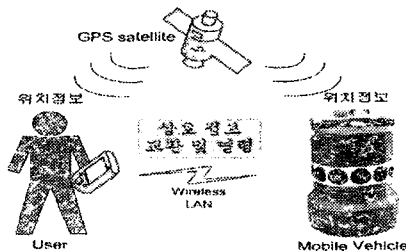


그림 1. 외부환경에서 전체 시스템

2.2 이동로봇 시스템 개요

실험에 사용된 USB 로봇제어 시스템을 장착한 이동로봇은 로봇의 제어를 위한 노트북과 USB 카메라를 장착하였고, 초음파 센서 12개를 설치하였으며 이동로봇의 몸체는 3개의 구동바퀴를 가진 동기식 구조(Synchro-drive)방식이다. 제어기의 구성의 구동과 조향 그리고 튜렛을 제어하기 위해 2축 USB 모터 제어기 보드 2장이 장착되었고, 12개의 초음파를 제어하기 위해 USB 초음파 거리 측정기 보드가 장착되었다. USB 로봇제어기를 구성하기 위해 설계된 제어기는 USB 모터 제어기와 USB 초음파 거리측정기이다. USB 모터 제어기는 PID제어기, 서보앰프, USB 인터페이스, 10bit 절대 인코더(Absolute Encoder) 입력포트, 5bit 출력력 포트가 일체화 된 보드이면 위치 제어와 속도 제어가 가능하다. 또한 GPS수신기와 마그네틱 센서를 장착하여 위치정보와 방향정보를 수집한다. 또한 wireless Lan카드를 장착하여 인지한 환경정보를

사용자에게 제공한다.

2.3 이동로봇 알고리즘

외부환경에서 이동로봇은 현재의 위치와 방향을 탐지하고 충돌회피는 물론이고, 위험한 경로를 학습하여 위험 지역을 회피하여야 한다. 또한 외부환경에서 이동로봇은 임무 수행을 위하여 지도를 작성해야하고 작성된 지도에 따라 임무를 수행할 수 있어야 한다. 그림 2. 외부환경에서의 이동로봇의 임무를 수행하기 위한 시스템의 개요이다. Low Layer에서는 외부환경에서 이동로봇의 안전한 주행을 위한 하위 작업을 하고 High Layer에서는 임무 수행을 위한 지도 작성 및 작성된 지도를 바탕으로 보다 연속적인 일련의 작업을 하기 위한 상위 작업을 결정한다.

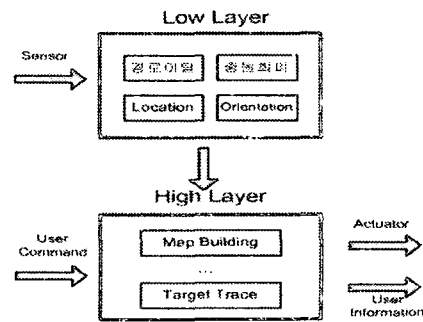


그림 2. 외부환경에서 이동로봇의 제어 시스템

2.3.1 Localization

GPS를 이용하면 현재 이동로봇의 위치를 알 수 있으나 GPS 자체의 정확성의 제약에 따라 정교한 제어가 불가능하다. 이에 본 논문에서는 이동로봇 자체의 10bit 인코더와 GPS 그리고 마그네틱 센서의 값을 통합하는 방식으로 이동로봇의 위치와 방향을 제어하고자 한다. GPS와 인코더의 값을 통합하는 방식에는 결합 정도에 따라 비결합 방식, 약결합 방식, 강결합 방식으로 구분한다. 본 논문에 사용한 비결합 방식은 GPS와 가 독립적으로 동작하는 형태이며, 사용자의 판단에 의해 인코더에 의한 오차가 너무 커지면 GPS의 정보를 이용해 인코더의 값을 초기화하는 방식이다[2]. 또한 인코더 값을 초기화 하기 위하여 만다니 Fuzzy 기법을 이용하였다[5].

또한 이동로봇의 Heading 방향도 이동로봇의 기구학적인 설계나 미끄러짐 현상에 의해 인코더만으로 제어하기 힘들고 초기방향도 알 수 없으므로 이를 해결해야한다. Heading 오차를 검출하는 일반적인 센서로는 자이로스코프, 지자기센서 등이 있다. 자이로스코프는 정확한 heading오차

를 측정할 수 있으나 가격이 비싸고 부피가 크며 무거워서 이동로봇에 응용될 때 여러 문제가 따른다. 지자기 센서는 자침의 원리를 이용하는 방법으로 절대방위를 검출할 수 있지만 주변 자계의 영향을 받는다는 제한 조건이 있다. 그러나 외부환경에서는 비교적 자계의 영향에서 자유로워 부피가 작고 가벼우며 기동시간이 필요치 않은 지자기센서가 이용될 수 있다. 실험에 사용된 지자기 센서는 Vector 2X 모델이며 진북을 기준으로 하여 1도 간격으로 359도까지 나타낸다. 그러나 이는 이상적인 경우이며 그림 3에서 알 수 있듯이 지자기 센서의 수평의 정확도에 따라 비선형적인 에러값이 발생한다. 이에 본 논문에서는 각기 기울기에 따른 지자기 센서 값과 실제 값을 획득하고 신경망을 이용해 지자기 센서의 부정확한 값을 보정하였다.

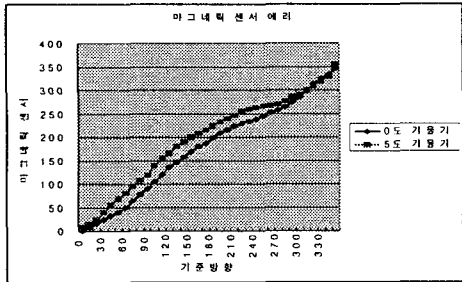


그림 3. 지자기 센서 에러

2.3.2 지도 작성

외부환경에서 이동로봇은 GPS와 인코더에 의한 절대적인 위치 정보를 획득할 수 있고 이를 통하여 Topological 지도를 작성할 수 있다. 그림 4에서 지도는 그래프와 노드로 구성되어 있고 각 노드는 각 지점의 좌표와 이웃노드의 수 및 방향, 길이와 장애물의 상태정보를 갖는다. 또한 각 노드에서 이동로봇은 수행해야할 업무에 따라 업무를 수행한다.

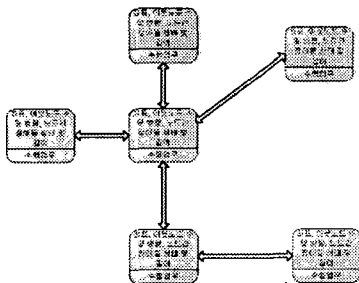


그림 4. 임무 수행을 위한 Topological 지도 작성

2.3.3 충돌회피

외부환경에서도 실내 환경에서와 같이 이동 경

로 상에 예기치 못한 장애물이 존재할 수 있다. VFF(Vector Force Field) 알고리즘은 복도 환경에서 지그재그형태의 불안정성을 보이고, 또한 문과같이 좌우에 방해물이 존재하는 경우 중간에 이동로봇이 통과할 수 있는 충분한 경로가 존재하나 멈추어 있는 경우가 발생함으로 본 논문에서는 VFH(Vector Field Histogram) 알고리즘을 이용하였다[3].

2.3.4 경로이탈

공장이나 군사용 환경과 같은 환경에서는 초음파센서나 이미지만으로 파악하기 힘든 경로상의 위험 지역이 있다. 이에 이동로봇은 최단거리가 아니라 가장 안전한 경로를 획득하고 이를 학습하여 고장이나 충돌회피 등의 움직임으로 경로를 안전한 경로를 이탈하였을 경우, 이를 사용자에게 인식시켜서 안전한 경로를 유지할 필요가 있다. 경로이탈 여부는 신경망을 이용하여 획득된 데이터로부터 안전한 경로와 안전하지 않은 경로를 분리하고 학습하였다[4][5].

3. 실험 및 결과

3.1 경로 획득

이동 로봇이 경로를 획득하는 방법은 사용자가 직접 제공하는 방법과 로봇의 자율주행 결과로 얻는 방법, 마지막으로 사용자가 이동로봇이 제공하는 환경정보를 바탕으로 경로를 획득하는 방법이 있다. 그러나 실제로 외부환경에서는 이동로봇이 환경을 인지하여 안전한 경로를 획득하기 힘든 경우가 많다. 본 논문에서는 사용자가 이동로봇의 환경정보를 바탕으로 안전한 경로를 획득하는 방법을 통하여 경로를 획득하였다. 그림 5에서 사용자는 이동로봇으로부터의 초음파정보와 이미지정보를 이용해서 안전지역과 위험지역을 작성하고 임무수행을 위한 점검지와 마지막 도착지역을 표시한다. 실험은 가로 20미터 세로 15미터로 한정하여 학내 옥상에서 실험하였고 위험지역은 가상으로 가정하여 작성하였다.

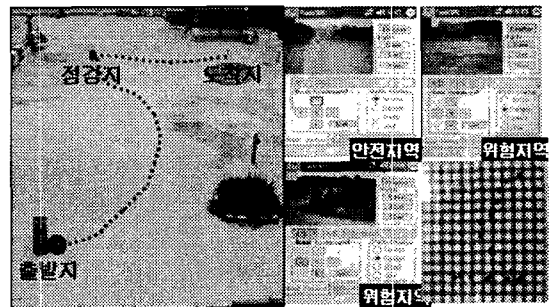


그림 5. 경로 획득을 위한 이동로봇 제어

3.2 경로학습 및 경로이탈 실험

획득한 경로를 바탕으로 안전 지역과 위험지역을 신경망을 이용하여 학습하였다. 신경망은 두 개의 입력노드와 10개의 은닉노드 1개의 출력노드로 구성되어 있고 학습률과 모멘터 텀은 각각 0.3과 0.2로 구성하였다. 그림 6은 획득한 경로와 이를 사용자의 PDA를 이용하여 학습한 과정 및 결과이다.

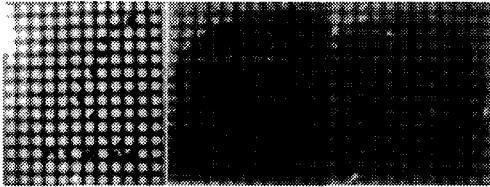


그림 6. 안전한 경로학습

학습한 안전한 경로를 바탕으로 이동로봇은 현재의 위치가 안전한 경로 상에 존재하는지 판단하고 위험한 경로 상에 있으면 사용자에게 이를 주지 시킬 수 있다. 그림 7은 충돌회피상황에서 안전한 경로를 이탈하였을 때 사용자에게 이를 알리는 것을 보여준다.

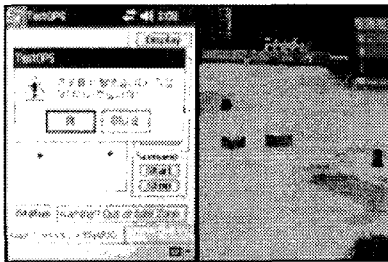


그림 7. 안전한 경로 이탈 판단

3.3 주행실험 실험

획득된 경로상에서의 이동로봇의 위치 측정 정밀도를 실험하기 위하여 시작점에서 목표점까지 40번을 왕복하는 실험을 실시하였다. 그림 8은

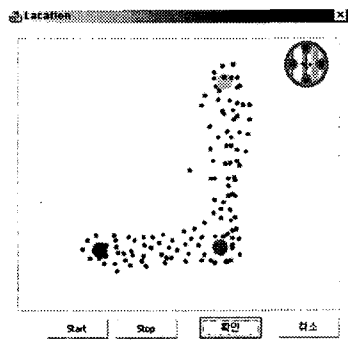


그림 8. 외부환경에서의 이동로봇의 주행결과

그 결과를 보여준다. 실험환경은 세로 20미터 가로 15미터이다. 그림 8에서 알 수 있듯이 GPS를 이용하여 보정하면 40번의 왕복에도 인코더에 의한 오차를 충분히 보정할 수 있으나 평균 3미터 표준편차 1m정도의 지속적인 오차를 지니게 된다.

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 GPS와 지자기 센서, 이동로봇의 인코더를 이용하여 외부환경에서 이동로봇이 산업적인 목적으로 이용될 수 있음을 보였다. 그러나 3m정도의 위치오차가 존재하여 외부환경이 일정크기 이상이어서 3m정도의 오차를 허용하는 환경에서 활동될 수 있는 반면에 그 이하의 정밀도를 요구하는 외부환경에서는 활동이 어렵다는 단점이 있다. 그러나 임무수행지점을 인위적인 표식으로 생각하면 이동에 관한 오차를 줄일 수 있을 것이라 생각된다. 현재 상용화된 GPS 수신기의 오차는 15미터의 오차를 가지고 있으나 향후 3cm정도의 오차를 GPS수신기의 개발이 이루어지고 있다. 향후 개발되는 GPS수신기를 이용하면 이동로봇의 속도와 가속도, 이동방향을 다른 장치없이 GPS만을 이용하여 보다 정밀하게 제어 가능할 것이라고 생각된다.

감사의 글 : 본 연구는 과학기술부의 뇌신경정보학연구사업에 의해 지원받았습니다.

5. 참고문헌

- [1]Stefano Panzieri, Federica Pascucci and Giovanni Ulivi, *An Outdoor Navigation System Using GPS and Inertial Platform*, IEEE/ASME Transaction on Mechatronics., Vol.7, No.2,pp.134-143, 2002.
- [2]R.E Philips and G.T Schmidt, *GPS/INS Integration*, AGARD Lecture Series 207, 1996.
- [3]Borenstein, J and Koren, Y, *Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Environments*, IEEE Trans. on Robotics and Automation., Vol. 1, pp.278-288. 1990.
- [4]Simon Haykin, *Neural Networks -A Comprehensive Foundation 2nd edition*, Prentice Hall, 1999.
- [5]J.Jang, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall, 1997.