

바퀴형 이동 로봇의 모터제어를 통한 자세 및 속도 제어 연구

*김현섭, *박재민, *신동호, *김상훈
 *한경대학교 전기전자제어공학과
 e-mail: kimsh@hknu.ac.kr

Motor control of wheeled mobile robot Attitude and velocity control study

Hyun-Seop Kim*, Jae-Min park*, Dong-Hoo Sin*, Sang-Hoon Kim*
 *Dept of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

본 논문에서는 바퀴형 이동 로봇의 모터제어에 대하여 연구하였다. 로봇의 안정적인 주행을 위하여 PID 제어에 대한 이론을 연구하고 Imu sensor와 Hall sensor를 이용한 자세 및 속도 제어방법을 제시한다.

1. 서론

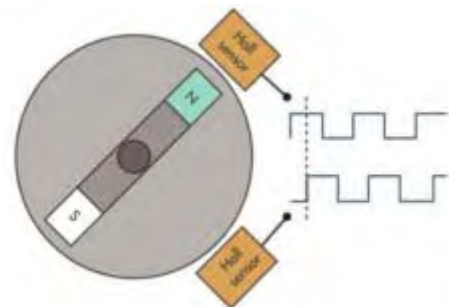
자율주행 기술이 급속하게 발달 및 활용되고 있음에 따라, 이들을 기반으로 한 다양한 서비스 및 시스템들의 융합이 빠르게 진행되고 있다. 그러한 자율주행의 기술로 기초가 되는 한 자세 제어 및 모터의 제어이다. 건축기술 등이 발달함에 따라 실내 공간이 점차 대형화되면서 기존에 실외 공간에서 주로 이루어지던 생활들이 실내 공간에서도 이루어질 수 있게 되었다. 이로 인해 일상생활에서 실내 공간이 차지하는 비중과 중요도가 점차 증가하고 있다. 실내에서의 위치 파악은 아웃도어와는 다른 기술이 필요하다. 일반적인 아웃도어에서는 위성 GPS를 이용한 위치 파악이 용이하지만 실내이나 터널이나 지하 도로에서는 GPS 신호가 잡히지 않아 일시적으로 위치파악이 제대로 작동하지 않는다. 위성 GPS 신호를 받을 수 없는 장소에서의 위치 추정에 관한 연구는 현대에 필수적인 이다. 이런 실내에서의 위치추정을 위해선 Dead Reckoning 이 한가지의 방법이다. Dead Reckoning을 활용하기 위해선 Imu sensor, Hall sensor의 값을 통한 자세 제어 및 위치 제어 모터 제어가 필수적이다. 본 논문에서는 Micro Controller Unit를 이용하여 PID제어를 통해 안정성, 명령 추종, 외란제거, 잡음축소를 진행후 Imu sensor, Hall sensor를 활용하여 로봇 자세 및 모터 속도 제어에 대하여 연구를 진행하였다.

2. 본론

2.1. Hall sensor

Fig 1의 Hall sensor 는 두 개의 전자석을 가지고 있다. 모터의 내부에 있는 Hall sensor의 자석이 회전하게

되면 엔코더에 달려있는 두 개의 Hall sensor의 펄스 데이터를 이용하여 회전 수 를 알 수 있고, 이동거리와 속도를 측정할 수 있다. 두 개의 홀 센서의 위상차를 가지고 모터의 회전 방향을 알 수 있다. 본 논문에서 사용한 모터는 모터 기어비 : $\frac{1}{50}$ 엔코더 기어비 : $\frac{1}{13}$ 으로 650번의 펄스가 출력될 때 1바퀴 회전하는 모터이다. 일정 시간동안의 펄스의 횟수를 측정해 모터의 속도를 측정할 수 있다.[1]

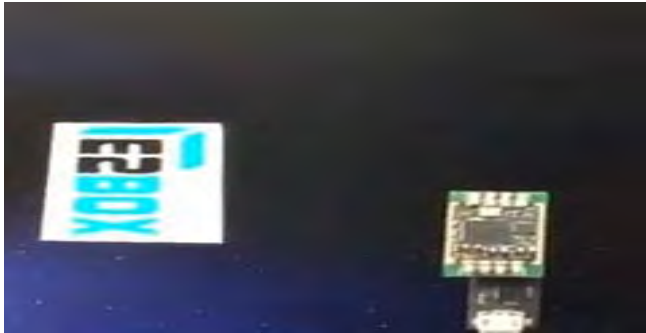


(그림 1) Hall sensor

2.2. Imu sensor

Fig 2의 Imu sensor는 가속도계, 자이로스코프, 지자계를 이용하여 가속도와 회전율, 즉 관성을 측정, 3차원 공간에서의 움직임을 측정할 수 있게 해 주는 통합된 Unit을 말한다. 자이로스코프는 각속도를 연속적으로 측정하지만 적분 오차, 지구 자전으로 인한 오차 등이 있다. 반면 가속도계는 불연속적으로 값을 측정하는데 자이로스코프에 비해 빠르게 반응하기 때문에 비교적 정확하다. 본 논문에선 두 가지의 장단점을 섞어 Complimentary Filter를 적용한 imu sensor의 roll, pitch, yaw 값과 가속도 값을

이용하여 로봇의 자세 및 모터의 속도를 계산 하였다.



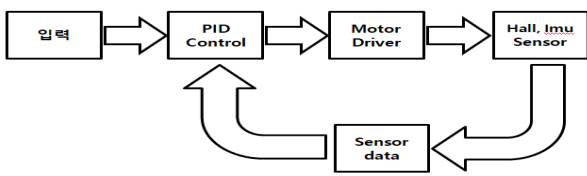
(그림 2) Imu sensor

2.3. PID 제어 알고리즘

PID제어는 비례(Proportional), 적분(Integral), 미분(Derivative) 동작을 적절하게 사용한다. PID제어를 로봇의 자세제어에 적용 했을 때, P제어는 입력각도와 현재각도의 오차에 비례해서 제어하는 방법이며, 목표하는 각도에 접근시킬 수 있다. 하지만 P제어만으로는 정상상태 오차가 없어지지 않기 때문에 진동(잔류편차)이 계속 남게 된다. 이때 미세한 진동을 없애기 위해 I제어가 쓰인다. I제어는 P제어를 통해 남아있는 잔류편차를 시간 단위로 적분하여 값을 누적시킨 뒤 일정 지점에서 조작량을 증가시키는 제어 방식이다. 이렇게 비례와 적분 동작의 조합으로 이루어진 제어를 PI제어라 한다. 그러나 PI제어는 응답 속도에 대한 것을 제어할 수 없다. 이때 쓰이는 방법이 오차 시간을 미분한 값에 비례하여 이루어지는 D제어이며, 이 D제어를 통해서 목표 값으로 빠르게 돌아갈 수 있게 된다. gain값 조정을 위해 초기 D와 I값을 0으로 맞추고 P, D, I순으로 적절한 gain값을 조정하는 방법을 사용하였다. [2][3]

2.4. 자세 및 속도 제어 방법

자세 및 속도제어 알고리즘 Fig. 3 와 같다. 먼저 원하는 roll, pitch, 속도를 결정하면 각 변수의 현재 값을 센서 모델을 통해 받아들이고 후에 각각의 오차를 비례, 적분, 미분 해준다. 이 값을 통해 각 모터에 원하는 얼마만큼의 전압을 걸어주어야 하는지를 계산해 낸다. 모터 드라이버에 해당 전압이 인가되면 모터의 토크로 인해 바퀴가 회전하게 된다. 회전으로 로봇의 자세 와 모터의 속도가 바뀌게 된다.

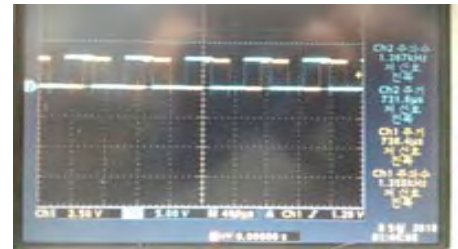


(그림 3) 자세 및 속도제어 알고리즘

3. 실험

3.1 Hall sensor 펄스 카운트

엔코더 모터에는 두 개의 홀센서가 부착 되어 있다. 두 개의 Hall sensor는 90°의 위상차가 나는 두 개의 펄스를 발생한다. Fig 4은 Hall sensor의 두 펄스의 위상차를 보여준다.mcu를 이용해 Hall sensor의 펄스 카운트를 할 경우 인터럽트 처리 방식의 카운트 방법과 stm32의 mcu에서 제공하는 encoder mode를 이용해 카운트 하는 방법 두 가지를 실험해 보았다.(Fig 5) 인터럽트 방식을 이용하여 카운트를 진행 할 경우 모터의 기어비 및 엔코더의 기어비에 따라 1바퀴에 발생하는 펄스의 값이 바뀌게 되는데 이 값이 커질수록 인터럽트의 빈도수가 증가하게 되어 clock소모가 커져 영향을 미칠 수 있고 우선순위가 높은 인터럽트에 의해 Hall sensor의 펄스가 카운트가 되지 않을 수 있다. 인터럽트 처리방식은 작은 인터럽트의 발생으로 mcu 구동에 문제를 일으킬 수 있고 clock소모 또한 encoder mode에 비하여 많다.



(그림 4) Hall sensor의 위상차



(그림 5)encoder mode를 이용한 Hall sensor count

3.2 Imu sensor를 이용한 roll, pitch, yaw 각도 및 각속도 계산

Fig 6는 Complimentary Filter를 적용한 imu sensor의 roll, pitch, yaw 값 및 각속도 값을 계산하여 uart기능으로 serial통신 프로그램을 활용하여 모니터에 출력한 사진이다.



(그림 6) Imu sensor data

4. 결론

//1. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 바퀴형 이동로봇의 자세 및 속도제어에 대하여 연구 하였다. PID제어를 통해 자세 및 속도를 명령추종의 특성을 개선시키고 외란을 최소한으로 제거 하였다. 앞으로는 제어알고리즘 개선 및 Kalman Filter와 진동에 따른 잡음을 제거 할 수 있는 장치를 추가하여 정확한 제어를 가능하게 하고 실내 위치 인식을 위해 다양한 방법으로 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] 오현택, 백지훈, 이승진, 김상훈, “강화학습 기반 임베디드 보드를 활용한 실내자율 주행 서비스 로봇 개발”
- [2] 양우석, 천명현, 장건우, 김상훈, “영상처리 기법을 이용한 Drone의 객체 추적 방법 연구”, KIPS 춘계학술발표대회
- [3] 송민근, 노정웅, 진원보, 정명진, 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과, LINC사업단 캡스톤 디자인 지원과제, “4개의 회전자를 갖는 쿼드콥터의 제어”