

직립식 전동 스쿠터의 주행 안전성 개선

박이수*, 서화성*, 김준성*, 하상훈*
 순천대학교 전기제어공학과*

Improvement on safety of an upright motor scooter driving

Lee-su Park*, Hwa-seong Seo*, Jun-seong Kim*, Sang-hun Ha*
 Sunchon National University electric control engineering

Abstract - 직립식 전동 스쿠터는 전동기를 이용한 근거리 이동 수단으로 일종의 1인용 스쿠터이다. 현재 여러가지 마이크로프로세서를 이용하여 주행을 제어하는 직립식 전동 스쿠터가 개발되고 있다. 본 연구에서는 PIC16F877A와 자이로 및 가속도 센서를 이용하여 스쿠터의 운행 시 안정성을 개선할 수 있는 방법을 제시하였다.

1. 서 론

직립식 전동 스쿠터는 편리성과 함께 환경에 많은 관심이 요구되고 있는 고유가 시대에 기름이 아닌 전기를 사용하는 전동식 이동 수단으로 전동기를 이용하여 이동할 수 있는 소형 교통수단으로 제작되었으며, 고효율의 이동 수단으로 연료비를 크게 절감할 수 있는 부분과 함께 엔진을 이용한 교통수단에 비해 저가의 에너지 사용, 저 소음 그리고 저 공해로써의 다양한 장점을 지니고 있다. 또한 근거리 이동 시 교통 혼잡을 줄임으로써 차량이 원활하게 이동할 수 있으며, 소형 이므로 협소한 실내 공간에서도 보관이 가능하며 교류 전원을 연결하여 충전이 가능하다. 우천 시 비를 피할 수 있으며, 인구가 밀집된 장소에서도 쉽게 운행할 수 있다.

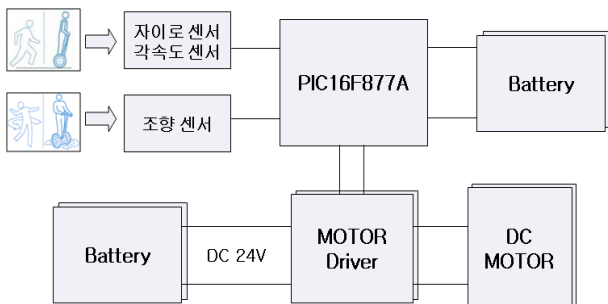
이러한 장점에도 종래의 만들어진 스쿠터의 경우 고가의 센서와 마이크로의 센서를 사용함으로써 고가에 판매되어 대중적으로 사용하기 어려웠다. 또, 브레이크와 엑셀이 없는 대신 몸의 무게중심만을 이용하여 주행, 정지를 하는 직립식 스쿠터는 안정적인 자세유지가 필수적이다.

본 연구에서는 이러한 장점을 지닌 직립식 전동 스쿠터를 PIC16F877A와 자이로 및 가속도 센서, 안정적으로 운행할 수 있는 알고리즘을 이용하여 운행 시 안정성을 개선할 수 있는 방법을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

<그림 1>은 본 개발의 시스템 구성도이다. 직립식 전동 스쿠터는 자이로 센서와 가속도 센서 그리고 조향센서를 이용하여 센서 값을 수집하며, 이 수집된 값을 PIC16F877A인 마이크로프로세서에서 연산하게 된다. 이 값은 자세 제어를 위해 연산해서 나온 값을 모터 구동하기 위한 식에서 다시계산을 하게 된다. 또한 PD제어를 통하여 PWM파형을 출력하도록 하였다. 이 신호는 각 모터의 드라이브로 이동하게 되며 H-Drive를 이용하여 모터의 정·역 회전을 할 수 있도록 시스템을 구성하였다.



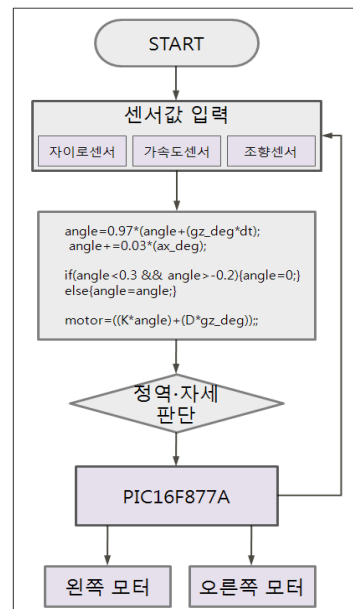
<그림 1> 시스템 구성도

주요 부품 규격은 다음과 같다.

<표 1> 주요 부품 규격

주요 부품	규 격
PIC	16F877A
DC모터 및 감속기	24V-300W 감속기 비율(25:1)
모터 드라이브×2	H-Bridge회로 IRF 3205(55V-110A)
연(납)축전지×2	24V 10AH
연(납)축전지×2	12V 4AH
가속도 센서	800mV/g @1.5g
자이로 센서	max angular velocity ±70deg/s, Scale factor 25mV/deg/s
바퀴	16" (400×105×25)

2.2 Software



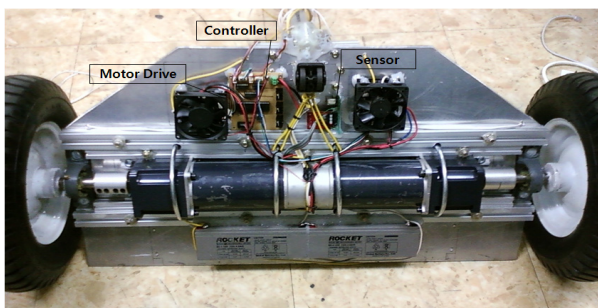
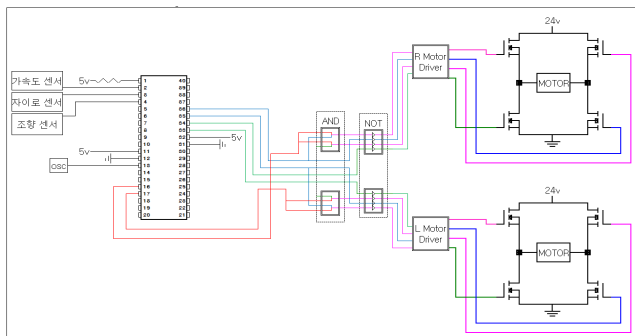
<그림 2> 모터 제어를 위한 동작 순서도

직립식 전동 스쿠터를 동작시키기 위한 순서도는 <그림 2>에서와 같다. PIC16F877A는 자이로 및 가속도 센서를 통해 센서 값을 수집하고 수집된 값을 미리 지정해 놓은 기준 값과 비교하여 전진과 후진에 대해 판단할 수 있도록 하였다. 판단 후 자이로 센서 값(가속도 값)을 적분하여 얻어진 각도 값과 가속도 센서에서 의해 얻어진 각도 값의 합으로 각도를 검출한다. 계산 방법은 자이로센서로 얻은 각도 값의 97%와 가속도 센서에서 얻은 각도 값의 3%를 합하여 얻는다. 자이로 센서와 가속도 센서 두

개를 사용하는 이유는 자이로 센서 하나만 사용할 경우 드리프트 현상(발산)이 발생하며, 가속도 센서만을 사용하였을 경우 병진 운동의 해석이 어렵기 때문이다.[1] 그리고 기준 값으로부터 $0.3^\circ < \text{angle} > -0.2^\circ$ 의 범위에서는 기준 각도를 0°로 잡아 직립식 전동 스쿠터의 운행 시 불안정한 흔들림을 방지하였다. 최종적으로 얻어진 각도 값을 PD제어를 통하여 보다 안정적인 PWM값을 얻을 수 있도록 하였다. 다음으로는 조향센서로 얻은 값을 기준 값과 비교하여 좌·우 회전에 대해 결정을 하고 좌·우 모터 값에 조향 센서 값을 가산하여 좌·우 모터 속도를 제어하였다.

2.3 Hardware

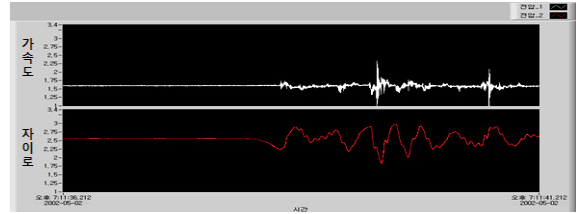
<그림 3>은 하드웨어 구성을 나타낸 것으로써 직립식 전동 스쿠터에 장착되는 차체 프레임은 바퀴를 횡으로 직선상에 배치하고 감속기가 부착된 모터와 바퀴를 부착할 수 있는 구조로 만들며, 사람이 올라탈 수 있는 발판, 배터리를 발판 하부에 수납할 수 있도록 제작 하였다. 사이즈는 45 X 65 Cm 높이 24cm이며, 손잡이는 보통 사람의 어깨 넓이로 하고, 지면과 프레임은 약 15cm 가량의 간격을 두어 주위 시야를 확보하고 지면의 방해물에 걸리는 것을 방지하도록 하였다. 재질은 알루미늄으로 하여 무게를 최소화하였으며, 바퀴는 직경이 15인치인 광폭형 바퀴를 사용, 바퀴를 지탱하는 베어링 구조 또한 견고하게 하였다. 프레임과 모터, 바퀴 연결에서 강도에 의한 영향이 크기 때문에 모터는 틀에 삽입하는 형식으로 함으로써 강도를 높게 하였다. 배터리는 보통 특수한 고성능의 니켈수소 배터리를 사용 하지만 본 연구에서는 일반적인 용도의 납축전지를 직·병렬로 연결하여 사용하였고, 전압은 선택한 모터의 전압과 맞춰 주고 필요 전력량은 1회 충전으로 20km의 거리를 주행목표로 48v의 전압에 10Ah의 전류를 사용함으로써 500w/h가 되도록 하였다. 모터의 출력은 몸을 기울일 때 넘어지지 않고 스쿠터를 밀고 나가면서 자세를 잡아 주는데 300w의 용량에 좌·우로 2개씩 부착하여 600w의 출력으로 300w/3000rpm의 모터에서 25:1의 감속비를 가지는 감속기를 부착하여 바퀴에 직결할 시 약 70kg의 사람이 탑승한 전체 중량 105kg(차체 35kg)의 무게로 할 때 자세 제어에 필요한 예비 동력 30%를 남겨 놓은 70%의 출력으로 10km/h의 속도를 낼 수 있도록 하였다.



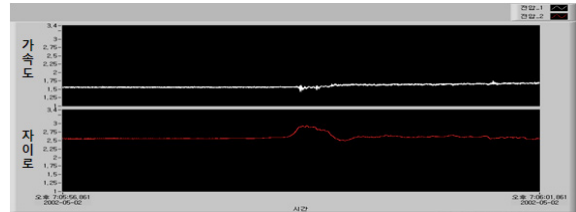
<그림 3> 회로 및 배선

실제 발판의 하단부에 위치되어 있는 모습을 <그림 3>에서 보여 주고 있다. 양측에 모터를 연결하여 정·역 운전을 할 수 있도록 구성하였으며, 상단에 팬을 부착함으로써 모터 드라이브의 FET에서 발생하는 열에 대해 환기시킬 수 있도록 제작하였다.

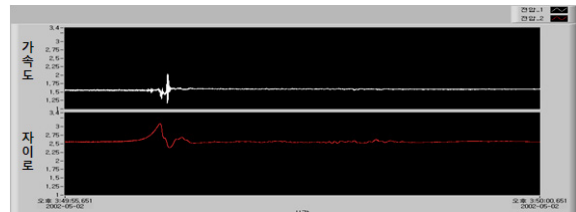
2.2.4 응답특성



<그림4> 이득 K= 9.6



<그림5> 이득 K = 7.3



<그림6> 이득 K = 8.2

위의 사진은 5초 동안 직립식 전동스쿠터의 가속도 센서값과 자이로 센서값을 수집한 사진으로 각도 값에 따른 모터의 응답이 매우 중요하다는 것을 볼 수 있다. 응답이 너무 빨라도, 너무 느리더라도 중심을 잡고 서 있을 수 없기 때문에 이것을 프로그램의 PD 제어로 제한한다. <그림4>의 경우는 K=9.6에서 모터응답이 빨라서 중앙에서 멈추지 못하고 앞으로 계속 흔들리는 경우의 센서 값이다. 이러한 경우는 모터드라이브에 무리가 가서 고장이 나기 쉽다. 그렇다 하여 응답이 너무 느려서도 안 된다. <그림5>는 K=7.3으로 응답이 너무 느려 앞으로 기울었을 때 다시 일어서지 못하고 앞으로 전진 하다 넘어지는 경우이다. <그림6>은 K=8.2로서 모터의 응답이 안정한 상태이다. 앞으로 밀었을 경우 적당한 속도로 전진하여 넘어지지 않고, 적당히 감속함으로써 앞으로 흔들리지 않고 운행할 수 있도록 하였다.

3. 결 론

본 연구에서는 직립식 전동 스쿠터의 밑판 부분에 있어 일정 각도로 기울기가 기울어져 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 탑승 시 중심을 쉽게 잡을 수 있다는 것이며, <그림6>에서 나타나 있다. 본 연구에서는 PIC16F877A를 사용한 직립식 전동스쿠터의 주행 안정성 개선 방법을 제시 하였다. 각도이득 K를 조정함으로써 응답특성이 개선되고 안정성이 보장됨을 확인 하였다. 제한한 속도제어기는 평지 및 언덕에서 우수한 성능을 보였다. 다만 내리막길에서 속도 조절에 대해 문제점이 보여 계속 연구가 필요하 다.

[참 고 문 헌]

- [1] 윤재무, 이재경, 이장명, “모바일 역진자의 효율적 수평유지 기법”제어·자동화·시스템공학 논문지 제13권.제7호, 2007년 7월
- [2] Brenna D. Argall, “Learning Robot Motion Control with Demonstration and Advice-Operators”2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2008년 9월 22일
- [3] 정재륜, 정진호, CCS-C언어를 사용한 PIC마이크로 고급제어
- [4] <http://web.mit.edu/first/segway/>
- [5] <http://adt.waikato.ac.nz/uploads/approved/adt-uow20080130.140133/public/01front.pdf>