

가속도 센서를 이용한 휠체어 동작제어 방식

곽윤창, 배종남, 이동희
경성대학교 메카트로닉스공학과

Wheelchair motion control system using acceleration sensor

YunChang Kwak, Jongnam Bae, Dong Hee Lee
Dept. of Mechatronics Engineering, Kyungsung University

ABSTRACT

본 논문에서는 휠체어의 탑승자의 구동력과 BLDCM (Brushless DC Motor) 에서 출력되는 보조적인 전기적인 구동력을 동시에 사용하는 탈부착형 하이브리드 휠체어의 동작제어 방식을 제안한다. 기존에는 휠체어에 토크센서를 부착하여, 토크센서 신호의 피드백을 통하여 보조력을 발생하는 방식이 적용되고 있지만, 제안된 방식에서는 토크센서의 사용없이 사용자의 동작을 간접적으로 검출하는 방식을 제안한다. 사용자가 휠체어의 핸드립을 조작할 때, 발생하는 휠체어의 동작을 3축 가속도 센서를 통해 모션을 예측하고, 이에 대응하는 구동력을 보조하는 PAS(Power Assist System)을 설계하였다. 사용자의 동작 예측을 위해, 3축 가속도 센서의 신호를 조합하여 전진과 후진 및 정지 상태 신호를 예측하는 방식을 시뮬레이션과 실험을 통해 증명하였다.

1. 서론

사회의 고령화가 진행되면서 의료보조기구의 관심이 증대되고 있다. 이런 의료보조기구 중 거동이 불편한 장애인이나 노인들의 이동에 도움을 줄 수 있는 휠체어의 개발은 활발히 진행되고 있으며, 이중 저렴한 가격이 장점인 수동 휠체어가 많이 공급이 되어 있다. 하지만 몸이 불편한 장애인이나, 노인들이 사용하기에는 적합하지 않기 때문에 전동 휠체어가 개발이 되었지만 가격이 매우 비싸고, 부피가 큰 단점이 있다.

이러한 단점을 보완하기 위해 휠체어 초기 구동 시 구동력을 보조해주는 PAS(Power Assist System)이 접목 되어있는 휠체어가 많이 개발이 되고 있다. 기존에 개발된 탈부착형 휠체어는 휠체어의 바퀴에 토크 센서를 삽입해 장착되어 있는 바퀴를 교체하여 측정하는 방식이 대부분을 차지하고 있다. 하지만, 이러한 방식은 PAS를 휠체어에 장착할 때 휠체어 바퀴를 교체하여야 하는 불편함과 회전하는 휠체어 바퀴에 토크센서의 신호선을 처리가 힘든 단점이 있다^[1]. 이 외에도 근전도 센서를 이용하여 휠체어를 구동 시 근육의 움직임을 측정하여 사용자의 상태를 추정하는 방식이 개발 중이지만 근전도 센서의 부착 위치에 따라 센서의 출력이 달라지는 단점이 있다^[2].

본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해서 가속도 센서를 이용해 사용자가 휠체어를 구동할 때 발생하는 신호로부터 사용자의 동작을 간접적으로 검출하여 휠체어에 부착된 전동기에 보조력을 발생하는 방식을 제안하고 있다. 제안된 시스템은

수동 휠체어에 탈부착이 가능한 원 휠 구동장치를 부착하고, 구동장치의 가속도 센서 신호로부터 사용자의 동작을 검출하여 보조력을 발생하도록 설계하였다. 제안된 시스템은 시뮬레이션 및 실험을 통하여 그 가능성을 검증하고 있다.

2. 제안된 휠체어 동작제어 방식

2.1 사용자 동작 분석

그림 1은 제안된 사용자 동작 추정 방식이 적용될 탈부착형 휠체어의 구조를 나타내고 있다. 그림 1에서 제안된 시스템은 탈부착이 가능한 BLDC(Brushless DC) 모터로 구성된 구동장치와 3축 가속도 센서 및 속도 전류 제어형 구동 회로가 포함되어 있다. 구동장치는 배터리를 포함하여 일체형 시스템으로 설계하였으며, 구동부의 중심에서 휠체어의 가속도 상태를 검출할 수 있도록 설계하였다.

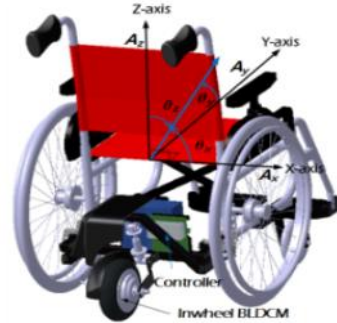


그림 1 탈부착형 휠체어의 구조와 오일러각
Fig. 1 Structure of Detachable Wheelchair and Euler angle

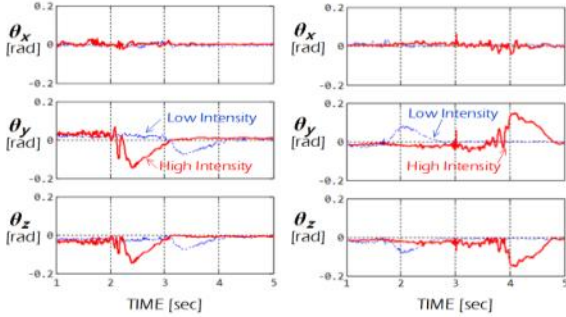
그림 1에서 사용자가 휠체어를 구동할 때 발생하는 동작을 예측하기 위해, 휠체어의 중심축으로부터 각각 xyz 축을 설정하고 있으며, 구동부에 부착된 가속도 센서는 휠체어의 동작에 따라 각각 축방향의 기울기를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\theta_x = \tan^{-1} \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right) \quad (1)$$

$$\theta_y = \tan^{-1} \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right) \quad (2)$$

$$\theta_z = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{A_x^2 + A_y^2}}{A_z} \right) \quad (3)$$

그림 2는 휠체어 전진 및 후진 시 측정된 가속도 데이터를 오일러각으로 변환한 실험 데이터를 나타내고 있다. 전진 시에는 휠체어가 앞으로 기울어지므로 휠체어가 앞으로 기울어지기 때문에 θ_y , θ_z 는 감소하게 되고, 후진 시에는 휠체어가 뒤로 기울어지기 때문에 θ_y 는 증가하고, θ_z 는 감소하는 경향을 가지게 되며, 이러한 가속도의 신호로부터 사용자의 동작을 예측할 수 있다.



(a) 전진 시 (b) 후진 시
그림 2 동작 시 휠체어의 기울기

Fig. 2 Backward motion of Wheelchair angles

2.2 제안된 동작제어 방식

그림 3은 제안된 동작 제어 방식이다. 제안된 방식은 가속도 데이터를 측정된 뒤 오프셋을 설정하여 휠체어의 기울어진 정도를 추정하기 위해 오일러각을 구한다. 이러한 오일러각을 다음 식 (4)~(5)와 같이 f_x 와 f_y 를 구할 수 있다.

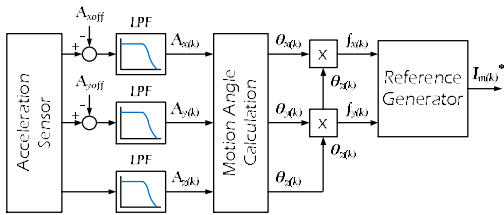


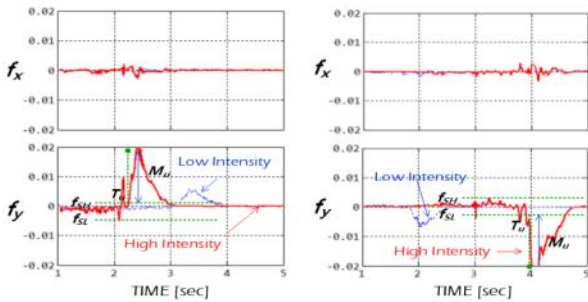
그림 3 제안된 동작제어 방식

Fig. 3 Proposed motion control method

$$f_x(k) = \theta_x(k) \cdot \theta_z(k) \quad (4)$$

$$f_y(k) = \theta_y(k) \cdot \theta_z(k) \quad (5)$$

그림 4는 전진 및 후진 시 제안된 동작 방식 실험 결과이다. 전진 시에는 f_y 가 증가하는 경향을 볼 수 있고, 후진 시에는 f_y 가 감소하는 경향을 볼 수 있다. 실험 결과와 같이 가속도 센서를 이용해서 사용자의 동작이 예측됨을 알 수 있다.



(a) 전진 시 (b) 후진 시
그림 4 휠체어 동작 시 제안된 동작 방식

Fig. 4 Backward motion of Proposed motion control system

그림 5는 사용자의 동작 예측으로부터 보조력을 발생하는 방식을 제시하고 있으며, 그림 5에서 f_y 의 피크치와 상승 시간을 고려하여 구동력 보조를 위한 전류 지령치를 발생하게 된다.

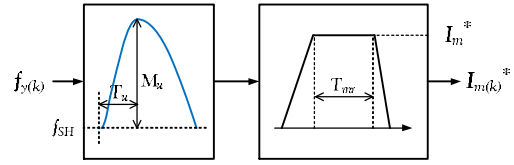


그림 5 제안된 전류 지령치 계산 방식

Fig. 5 Calculation method of proposed Current reference

3. 시뮬레이션 결과

제안된 방식을 적용한 휠체어가 전진할 때 구동력 보조를 확인하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같고, 전진 시에 BLDC 모터가 구동하여 6 [Nm]의 구동력을 보조해주는 것을 알 수 있다.

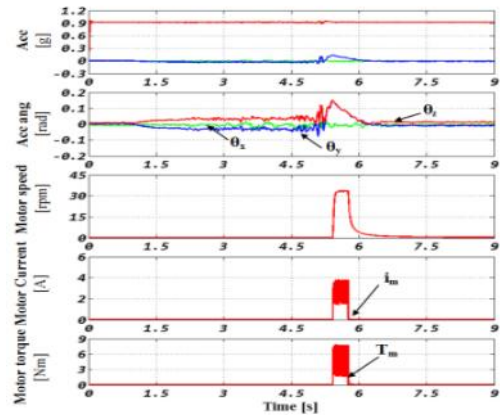


그림 6 제안된 방식을 적용한 휠체어 시뮬레이션 결과

Fig. 6 Simulation results of the proposed method

4. 결론

본 논문에서는 가속도 센서를 사용하여 사용자의 상태에 따른 휠체어의 기울기를 측정해 구동력을 추정하는 휠체어 동작 제어방식을 시뮬레이션을 통해 구현 가능성을 검증하였다.

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초연구개발과제의 지원을 받아 수행된 것임. (과제번호 : R15XA03 19)

참고 문헌

- [1] J. S. Kong, "Development of the Driving will Control System for a Power assisted Electric Wheelchair", Journal of the Korea Academia Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 3, pp. 1296 1301, 2012, March.
- [2] Y. Onishi, S. Oh, Y. Hori, "A New Control Method for Power Assisted Wheelchair Based on the Surface Myoelectric Signal", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 57, NO. 9, pp. 3191 3196, 2010, September.