

# 탈부착형 수전동 휠체어의 제어기 설계

곽윤창, 배종남, 조영준, 안진우, 이동희  
 경성대학교 메카트로닉스공학과

## Design of the Detachable Electric Power Driving System for Wheel-chair

YunChang Kwak, Jongnam Bae, Yeongjun Jo, Jin-Woo Ahn, Dong-Hee Lee  
 Dept. of Mechatronics Engineering, Kyungsung University

### ABSTRACT

본 논문은 휠체어의 탑승자의 구동력과 BLDCM (Brushless DC Motor) 에서 출력되는 보조적인 전기적인 구동력을 동시에 사용하는 탈부착형 수전동 휠체어의 제어기를 제안한다. 제안된 방식에서는 탈부착형 수전동 휠체어 제어기는 휠체어의 기울기와 휠체어의 상관관계를 바탕으로, 탑승자의 휠체어 림 구동 상태를 추정하여 휠체어의 전동력을 전달하는 BLDCM에서 구동력을 사용자의 지령에 따라 보조하도록 제어한다. 사용자의 요구 상태는 림의 구동에 따른 휠체어의 상태를 가속도, 자이로 센서를 이용해 측정을 하게 되고, 이를 상보 필터를 사용해 각도를 보정하여, 지령치를 계산하고, 구동부는 지령치에 따라 휠체어에 필요한 전동력을 발생하게 된다.

탈부착형 수전동 휠체어의 제어방식은 시뮬레이션을 통해 가능성을 검증하였다.

### 1. 서론

사회의 노령화가 진행되어가면서 일상생활을 하기 위해 필요한 의료보조기구의 관심이 증대되고 있다. 의료보조기구 중 거동이 불편한 장애인이나 노인들의 이동에 도움을 줄 수 있는 휠체어의 개발은 활발히 진행되고 있다. 수동휠체어는 탑승자가 손으로 바퀴 림을 밀어 주행하는 휠체어로서 구조가 간단하고 팔운동을 수반하므로 사용자의 재활에 유용하고, 저렴한 가격으로 가장 많이 보급이 되어있고, 전동휠체어는 팔을 자유롭게 사용하지 못하는 장애인이나 근력이 저하된 노약자들이 사용하기 편리하지만 무게가 무겁고, 가격이 비싼 단점이 있다.<sup>[1]</sup>

이러한 단점을 보완하기 위해 휠체어 구동 시 구동력을 보조해주는 PAS(Power Assist System)이 접목 되어있는 탈부착형 수전동 휠체어를 제안한다. 기존의 수전동 휠체어는 구동력을 보조해주기 위해서 휠체어를 구동할 때 바퀴의 림에 가해지는 토크를 측정해 보조력 지령으로 사용하게 된다. 이때 토크를 측정하기 위해 휠체어의 바퀴에 토크 센서를 삽입해 장착되어 있는 바퀴와 교체하여 측정하는 방식을 이용하지만, 이 방식은 바퀴를 교체하여야 하는 불편함과 토크센서의 신호선을 처리가 힘든 단점들이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 극복하기 위해서 가속도, 자이로 센서를 이용해 휠체어 구동 시 탑승자의 상태에 따른 휠체어의 기울기를 측정해 구동력을 보조해주는 탈부착형 전동 모듈 시스템을 제안한다.

### 2. 탈부착형 수전동 휠체어 제어기

본 논문에서 제안된 탈부착형 수전동 휠체어 제어기는 기존의 토크를 측정하는 장치를 림에 부착하는 대신에 휠체어의 구동부에 부착된 가속도 및 자이로 센서로 사용자가 림에 인가한 구동력을 간접적으로 추정하는 방식이며, 자이로, 가속도 센서는 그림 1과 같이 휠체어의 구동부에 부착된다.



그림 1 자이로, 가속도 센서 부착 부  
 Fig. 1 Gyro, acceleration sensor mount

그림 2는 휠체어의 상태를 표현하기 위한 오일러 각을 나타내고 있다. 오일러 각은 강체가 놓인 방향을 3차원 공간에 표시하기 위해 레온하르트 오일러가 도입한 Roll, Pitch, Yaw의 3가지 각도이며, 본 논문에서는 휠체어의 기울기여진 상태를 표현하기 위해 사용하였다.

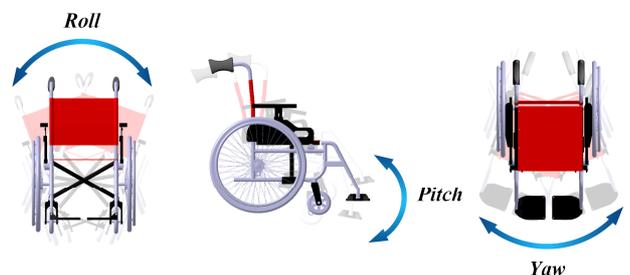


그림 2 오일러 각  
 Fig. 2 Euler angle

휠체어에 부착된 센서에서 입력되는 신호는 휠체어의 가속도와 자이로 센서에서 측정되는 각도이나, 자이로 센서의 입력에는 누적오차가 포함되고, 가속도 센서는 순간적인 가속력을

측정할 수 있으나, 정지 상태는 측정이 불가능한 특징이 있다. 따라서, 2가지 센서의 신호를 조합하여 휠체어에 인가된 사용자의 요구상태를 분석해야 한다. 본 논문에서는 상보필터를 이용하여 2가지 센서를 조합해서 사용하도록 하였으며, 그림 3은 그림 3은 본 논문에서 이용한 2차 상보필터의 구조를 나타내고 있다.

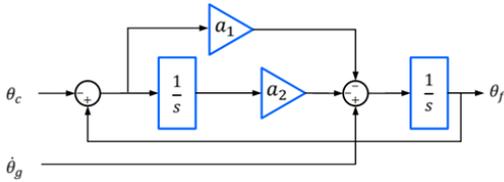
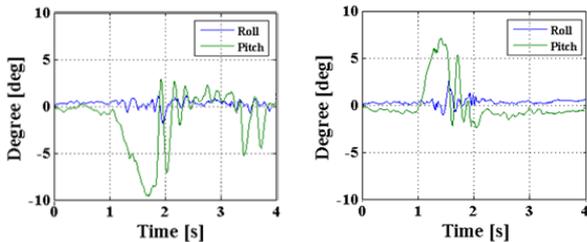


그림 3 2차 상보필터  
Fig. 3 2nd complementary filters

본 논문의 타겟이 되는 탈부착형 수전동 휠체어 모듈은 한 개의 바퀴를 사용하는 타입으로, 좌, 우회전 제어가 필요 없으므로, 전, 후진만 고려한다.

탑승자의 운전 형태에 따른 휠체어의 상태는 전진 시 탑승자의 몸이 앞으로 숙여진만큼 앞으로 기울어지기 때문에 Pitch 각은 음의 방향을 가지고, 후진할 때는 탑승자의 등이 휠체어의 등받이를 지지하면서 휠체어가 뒤로 기울어지기 때문에 Pitch 각은 양의 방향을 가진다. 이때 Roll과 Yaw도 검출 가능하지만 전진과 후진은 좌우로 흔들리는 Roll 방향과는 좌우로 회전하는 방향의 힘인 Yaw와는 관계없기 때문에 무시할 수 있다. 그림 4는 탑승자 상태에 따른 휠체어를 전진과 후진했을 때 출력되는 휠체어의 기울기이다.



(a) 전진 (b) 후진  
그림 4 탑승자 상태에 따른 휠체어의 기울기  
Fig. 4 Wheelchair slope of driver state

### 3. 제안된 탈부착형 수전동 휠체어의 제어기

제안된 탈부착형 수전동 휠체어 제어기는 자이로, 가속도 센서로 휠체어의 기울어짐을 검출하고, 상보 필터를 이용해 정확한 휠체어의 상태를 추정한다. 그리고 휠체어의 상태에 따라 동력 보조의 필요 유무를 판단해 동력을 보조한다. 다음 그림 5은 제안된 탈부착형 수전동 휠체어 제어기의 제어 블록도이다.

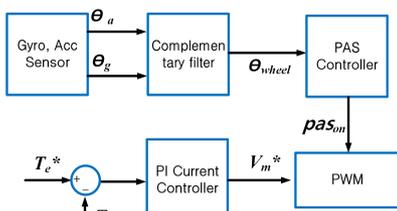


그림 5 탈부착형 수전동 휠체어 제어 블록도  
Fig. 5 Detachable Wheelchair controller block diagram

### 4. 시뮬레이션 결과

그림 6은 본 논문에서 제안된 탈부착형 휠체어 제어기의 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션은 휠체어가 전진 할 때를 시뮬레이션 하였다.

첫 번째 그래프에서 자이로, 가속도 센서를 이용해 실제로 측정된 휠체어의 상태 데이터와 이 값을 참조해 동력 출력에 사용될 지령 값이고, 두 번째 그래프에서는 지령치에 따른 상전류의 출력을 나타내었다. 세 번째 그래프는 지령치에 따른 토크 출력을 나타내었다. 휠체어가 전진할 때는 휠체어가 앞으로 기울어지기 때문에 각도가 음의 방향이지만, 휠체어는 전진 상태이기 때문에 토크는 양의 방향으로 출력을 해야 된다. 시뮬레이션 결과는 자이로, 가속도 센서로 측정되는 휠체어의 기울기를 사용해, 휠체어의 상태를 추정된 뒤에 이를 지령치로 사용하여 BLDCM을 구동해 동력을 보조가 잘 되는 것을 알 수 있다.

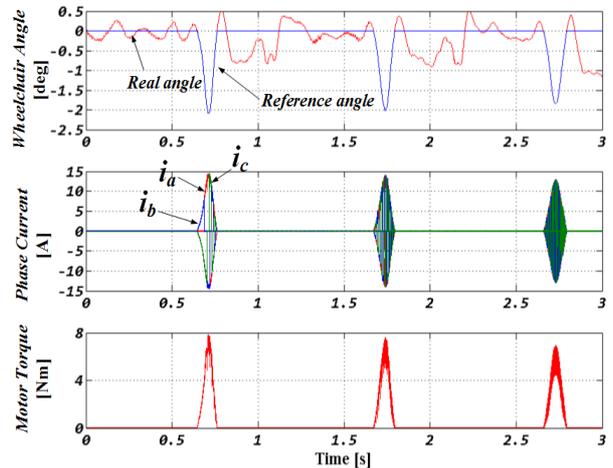


그림 6 탈부착형 수전동 휠체어 제어 시뮬레이션 결과  
Fig. 6 Simulation result of the PAS of wheelchair

### 5. 결론

본 논문에서는 토크 지령치를 바퀴에 장착된 토크 센서로 입력받아 구조가 복잡하고, 가격이 비싼 단점이 있는 수전동 휠체어의 단점을 보완하기 위해 자이로, 가속도 센서를 사용해 탑승자의 운전 형태에 따른 휠체어의 상태를 추정해 구동력을 보조하는 탈부착형 수전동 휠체어의 제어기를 시뮬레이션을 통해 구현 가능성을 검증하였다.

이 논문은 한국전력공사의 재원으로 기초전력연구원의 2015년 선정 기초연구개발과제(과제번호: R15XA03-19) 및 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (No. 20164010200940)

### 참고 문헌

[1] E.P Hong, Y.C Kim, G.S Kim, J.C Ryu, M.S Mun, "Development of Driving System for Power Add-on Drive Wheelchair", Journal of the Korean Society for Precision Engineering 28(9), pp. 1110-1118, 2011, sep