

# 이동과 재활을 위한 부하 선택형 동력 보조휠체어 Load selectable power assisted wheelchair for traveling and rehabilitation

\*서재홍<sup>1</sup>, 황승호<sup>1</sup>, 김보성<sup>1</sup>, 김진만<sup>1</sup>, #강민식<sup>2</sup>

\*J. H. Seo<sup>1</sup>, S. H. Hang<sup>1</sup>, B. S. Kim<sup>1</sup>, J. M. Kim<sup>1</sup>, M. S. Kang<sup>2</sup>(mskang@gachon.ac.kr)

<sup>1</sup>가천대학교 기계자동차공학과, <sup>2</sup>가천대학교 기계자동차공학과교수

Key words : rehabilitation wheelchair, disturbance observer, model reference control

## 1. 서론

휠체어는 정상적인 보행이 불가능한 하반신 마비환자나 근력이 저하된 고령자를 위한 재활보조기이다. 현대사회는 의학 발달과 생활수준 향상, 건강에 대한 높은 관심으로 인해 고령화되고 있고, 산업의 발달로 인하여 산업폐해, 질병, 교통사고 등의 이유로 하반신을 쓰지 못하는 후천적 장애인들이 늘고 있다. 이 같은 이유로 휠체어의 수요가 늘면서 자연스럽게 휠체어 시장은 확대되고 있다. 기존 시장에 유통되는 대표적인 휠체어는 수동형과 전동형으로 분류되고 있다. 수동형은 사용자가 직접 바퀴를 손으로 굴러가며 사용하기 때문에 경사지나, 먼 거리운행 시 상지근력에 무리를 주는 문제점이 있다. 전동휠체어는 상지근력이 잃었거나 상지근력이 저하되어 수동휠체어를 구동하기 힘든 장애인이 주로 사용하며 조이스틱을 이용하여 모터를 구동시켜 제어하므로 상지근력이 약화될 수 있다.

본 연구에서는 수동과 전동 휠체어가 갖는 문제점을 보완하여, 사용자가 자신의 근력에 적합한 부하를 선정하면 실제 이동경로(경사길, 비포장길, 장거리 운행)를 이동하는데 필요한 구동 토크는 모터가 보조토록 하였다. 따라서 사용자의 이동에 필요한 근력 부담을 줄여주고, 장거리 이동이 가능하므로, 이동과 재활효과를 겸할 수 있는 장점이 있다.

## 2. 시스템 설계

### 2.1 시스템 구성

본 연구에서 개발한 휠체어는 Fig. 1과 같이 기존의 수동용 휠체어, 휠체어 두 바퀴 축 내부에 장착이 가능한 In-Wheel AC 서보모터 및 드라이버, 바퀴의 각속도를 측정하기 위한 엔코더 및 토크 보조를 위한 제어기로 구성되어 있다. 사용자는

실제 이동 경로의 조건에 관계없이 평평한 도로를 이동하는 조건에서 자신에 적합한 부하를 선정(동일한 토크로 원하는 이동 거리 선정)할 수 있으며, 실제 이경 경로를 이동하는 데 필요한 토크는 모터가 보조하게 된다.



Fig. 1 Load selectable power assisted wheelchair for traveling and rehabilitation

### 2.2 제어기 설계

Fig. 1에서 바퀴의 회전각을  $\theta$ 라 정의할 때 바퀴 하나에 대한 운동방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$(J + MR^2)\ddot{\theta} + B\dot{\theta} = T_h + T_m - T_f \quad (1)$$

여기서

$J$  : 바퀴 하나의 회전관성

$R$  : 바퀴의 반경

$M$  : 사용자와 휠체어 질량의 절반

$B$  : 바퀴의 점성마찰계수

$T_h$  : 사용자가 바퀴에 가하는 토크

$T_m$  : 모터가 바퀴에 전달하는 토크

$T_f$  : 마찰 토크

부하 선택형 토크 보조를 위한 제어기 구조는 Fig. 2와 같이 사용자가 평평한 경로를 기준으로

선정한 부하의 강도를 선정할 수 있는 기준모델, 바퀴에 가해지는 토크를 추정하는 토크 관측기, 관측기 출력에서 사용자가 가한 토크를 분리해내는 토크 필터, 추정된 사용자의 토크에 대한 기준모델의 각속도 출력을 휠체어가 추종하도록 제어하는 속도 제어기로 구성된다.

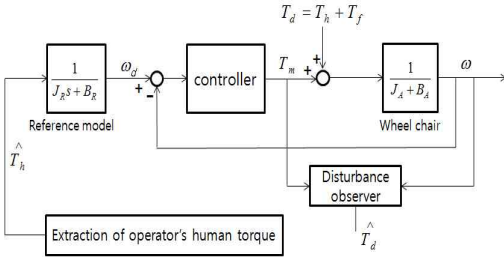


Fig. 2 System Block Diagram

Fig. 2의 기준모델에서 사용자는 실제의 휠체어와는 독립적으로 자신의 근력에 적절한 부하모델 파라미터  $J_R$ ,  $B_R$ 을 정할 수 있다. 즉, 회전관성  $J_R$ 과  $B_R$ 을 실제 값에 비해 작은 값을 선정하면 더 작은 질량과 점성마찰을 가정하므로, 동일한 토크에 의해 더 먼 거리를 이동할 수 있으며, 반대로 더 큰 값을 선정하면 더 짧은 거리를 이동하게 된다. 이 가상의 모델에 사용자가 가한 토크를 가할 때 나타나는 이동속도를 실제 휠체어가 추종하도록 제어가 작동된다.

### 3. 실험 결과

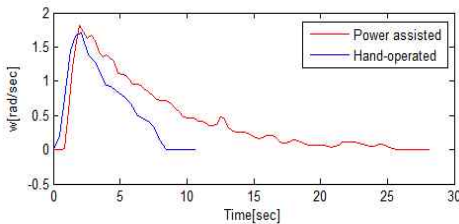


Fig. 3-1 Time v.s. velocity

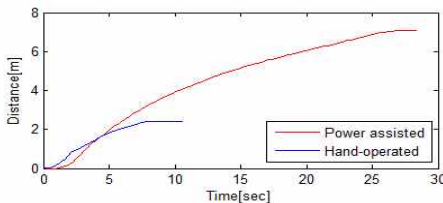


Fig. 3-2 Time v.s. distance

Fig. 3-1과 3-2는 수동형휠체어와 본 연구에서 개발한 휠체어의 성능으로 구동 초기 한 번의 구동 토크를 가했을 때의 응답이다. Fig. 3-1과 같이 모터의 동력 보조로 수동인 경우에 비해 빠른 속도를 오래 동안 유지하였으며, 그 결과 Fig. 3-2에서와 같이 전자는 2.41m, 후자는 7.08m 이동하였다.

### 4. 결론

본 연구를 통해 수동, 전동 휠체어의 문제점을 보완하며 사용자의 상지근력의 능력이나 주변 환경에 따라 부하를 선택할 수 있는 새로운 형태의 휠체어를 개발하였다. 이는 사용자의 이동과 더불어 재활기능의 효과를 나타냄으로 상용화 할 경우 휠체어 구입 시 좀 더 폭넓은 시장을 제공할 것이다. 개발된 부하 선택형 동력 보조 휠체어는 다음과 같은 기술적 특성을 갖고 있다.

외란관측기를 이용하여 별도의 센서 없이 제어를 위해 설치한 엔코더의 각속도와 모터토크 측정만으로 휠체어에 가해지는 사용자의 구동토크를 추정할 수 있다.

사용자가 자신의 상지근력의 정도, 주변 환경에 따라서 기준모델을 통해 적절한 부하를 선택할 수 있으므로, 이동은 물론 재활의 정도를 조절 할 수 있어 다양한 사용자의 요구를 만족시킬 수 있다.

수동휠체어와 같은 경향의 속도곡선을 나타내도록 제어함으로써 안전성 및 구동 시 이질감을 최소화하였다.

### 후기

본 연구는 2012 창의적 종합설계(Capstone Design) 경진대회 출품작으로, 가천대학교 공학혁신센터의 연구비지원에 의해 수행되었음.

### 참고문헌

1. Farid Golnaraghi, Benjamin C. Kuo, "Automatic Control System of Kuo", First book, 2010.
2. 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", KSPE Vol.28 No.9, pp. 1110-1118, 2011
3. J. S. Kong, S. Y. Beak, "Design of the Power Assist Controller for the In-Wheel Type Smart Wheelchair", KSPE Vol. 21 No.1, pp. 80-85, 2011