

인휠형 스마트 휠체어를 위한 힘 보조 제어기 설계

Design of the Power Assist Controller for the In-Wheel Type Smart Wheelchair

공정식 · 백승엽

Jung-Shik Kong and Seung-Yub Baek

인덕대학 기계설계과

요 약

본 논문은 인휠형 휠체어에 있어 휠 립에 걸리는 외력을 차량의 전압과 회전 속도를 통해 예측하고 이를 통해 각 바퀴에 사용자의 힘에 따라 차량의 방향 및 속도를 제어할 수 있도록 고안된 제어기 설계에 관한 논문이다. 최근 노인 인구의 증가로 인해 노인 및 장애인을 위한 이동기기에 대한 관심이 증가되고 있다. 특히 많은 수의 고령자들이 휠체어를 이용하고 있다. 하지만 고령자의 경우 수동 휠체어 사용 시 국내 지형상의 문제로 인해 구동에 어려움을 겪는다. 또한 전동 휠체어의 경우 조이스틱으로 구동하므로 하체 근력 약화로 인해 휠체어를 이용하는 고령자의 경우, 상체 근력 또한 약화될 수 있다. 이를 극복하기 위해 립(rim)에 힘이 가해지는 힘의 크기를 파악하여 이에 상응하는 모터를 구동시키는 힘 보조형 인휠 전동기에 대한 연구가 진행되고 있다. 하지만 대부분의 힘 보조형 인휠 전동기의 경우 힘의 크기를 측정하기 위한 센서 모듈이 장착되어야 하며 이를 위해 힘의 크기를 측정하기 위한 별도의 립을 설계해야 하는 등 기구적 장치가 요구된다. 이에 본 논문에서는 이러한 힘의 크기를 측정하기 위한 립 설계 대신에 모터의 수학적 모델을 기초로 모터에 전달되는 전압과 바퀴의 현재 속도를 토대로 인휠형 모터에 걸리는 외력을 추정하고 이를 토대로 사용자의 이동 속도와 방향을 추정하여 모터를 이동시킬 수 있도록 하였다. 본 논문은 제안된 수학적 모델을 기초로 사용자의 구동 의지력을 정확하게 측정할 있었다. 또한 이를 기초로 한 제어기를 적용할 경우 인휠 휠체어를 사용자의 의지에 따라 이동할 수 있음을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

키워드 : 인휠형 휠체어, 힘 보조, 토크 추정, 바퀴 속도, 바퀴 제어

Abstract

This paper presents the design of the power-assisted controller for the in-wheel type smart wheelchair by using torque estimation that is predicted by relationship between input voltage and output wheel angular velocity. Nowadays, interest of the moving assistant aids is increased according to the increase in population of the elderly and the handicapped person. However some of the moving assistant aids have problems. For example, manual wheelchair has difficulty moving at the slope, because users lack the muscular strength of their arm. In electric wheelchair case, users should be weak by being decreased muscles of upper body. To overcome these problems, power-assisted electric wheelchair are proposed. Most of the power-assisted electric wheelchair have the special rims that can measure the user's power. In here, the rims have to be designed to install the sensors to measure user's power. In this paper, we don't design the rim to measure the man power. To predict the man power, we propose a control algorithm of the in-wheeled electric wheelchair by using torque estimation from the wheel. First, we measure the wheel velocity and voltage at the in-wheel electric wheelchair. And then we extract driving will forces by using proposed mathematical model. Also they are applied at the controller as the control input, we verify to be able to control in-wheel type smart wheelchair by using simulation

Key Words : In-wheeled electric wheelchair, Power Assist, Torque Estimation, Wheel Velocity, Wheel Control

1. 서 론

최근 의학의 발달로 인해 고령 인구가 급격하게 증가되고 있다. 통계청 자료에 의하면 2008년 총 인구의 10.3%가 고령자 인구였으며 2018년 14.3%로 고령사회 진입이 예상

되며, 2026년에는 20.8%로 초고령 사회에 진입할 것으로 전망되고 있다. 이에 고령자의 일상생활을 지원할 수 있는 다양한 이동기기에 대한 연구 개발이 요구되고 있으며, 그 대표적인 예로는 휠체어, 실버카, 보행보조기 등이 있다. 보행보조기의 경우는 최근 수동형 보행보조기 수요가 지속적으로 증가되고 있으며 사용자의 이동성 및 근력보조 향상을 고려한 전동 보행보조기[1-3]에 대한 연구가 진행 중에 있다. 하지만 아직까지는 고령자 및 장애인들을 위한 이동기기로 가장 많이 사용되는 이동기기는 휠체어이다. 휠체어는 크게 수동형 휠체어와 전동 휠체어로 나뉘며, 특히 조이스

접수일자 : 2010년 11월 30일

완료일자 : 2011년 1월 30일

본 연구는 보건복지부 보건의료연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(A101699)

틱을 이용하여 전동 휠체어를 조작[4-5]하는 연구 및 이에 따른 다양한 제품이 개발되었다. 또한 전동 휠체어를 사용하는 사용자 특히 고령자의 경우 반사 신경 등이 일반인들에 비해 낮기 때문에 이를 극복할 수 있도록 센서를 이용하여 장애물 회피 및 내비게이션 기능을 구현[6]한다든지, 일상생활에서 고령자가 전동휠체어를 이용하여 앉은 자세에서 보다 쉽게 일어날 수 있도록 돕거나 하는 생활지원 기능[7]에 관한 연구들이 진행되고 있다.

이러한 전동 보행보조기에 있어 최근에는 일반적인 조이스틱을 이용하여 구동하는 휠체어가 아닌 수동 휠체어의 림의 조작과 동일한 조작으로 전동휠체어를 조작하기 위한 힘 보조형 전동휠체어 연구들[8-13]이 활발하게 진행되고 있다. 이는 기존의 수동휠체어의 경우 경사지나 문턱 등을 극복하는 과정에서 오직 손의 근력만으로 이를 극복하여야 하는 문제점이 있었으며, 조이스틱을 이용한 전동 휠체어의 경우 조이스틱으로만 차량을 제어하기 때문에 상지 근력 약화가 있을 수 있다. 힘 보조형 전동 휠체어 연구는 크게 기본 구동 제어[8], 평지에서 전진 및 회전 구동시 안정성 확보를 위한 연구[9], 언덕에서의 안정성 확보를 위한 연구[10], 제어 시 기계적 충격을 감소시키기 위한 제적 생성 연구[11] 등이 있다.

또한 사용자의 구동 의지를 파악하기 위해 림에 센서를 설계하거나 사용자에게 EMG 센서[12] 부착하여 구동의지력을 파악하기 위한 연구가 진행되고 있다. 하지만 이들 센서들은 모두 사용자의 구동 의지를 측정하기 위해 외부 구조물을 만들든지 아니면 사용자의 근육에 센서를 붙이는 등의 구조적, 사용측면의 불편함이 발생할 수 있다.

이에 본 논문에서는 힘 보조형 전동 휠체어에 있어 사용자의 구동 의지력을 파악하기 위해 바퀴에 걸리는 외력을 추정하는 알고리즘을 통해 외력을 추정하고, 이 추정된 외력을 기반으로 차량을 제어할 수 있도록 하였다. 이를 위해 힘 측정을 위한 여하의 센서 없이 구동 모터에 현재 인가하는 전압과 현재 각 바퀴의 회전 속도를 통해 사용자가 림을 밀면서 발생하는 외력을 추정하였다. 이 정보를 토대로 사용자가 휠체어를 구동함에 있어 전진 및 회전 의지력을 파악함으로써 바퀴 제어를 위해 구성된 엔코더 이외 임의의 다른 장치 없이 사용자의 이동 의지력에 따라 이동할 수 있도록 하였다. 또한 측정된 데이터를 기초로 차량 제어를 수행하여 구동 외력에 따른 차량 제어를 실시할 수 있도록 하였으며 시뮬레이션을 통해 이를 증명하였다.

2. 힘 보조형 휠체어

힘 보조형 전동 휠체어는 기존의 휠체어와는 달리 림에 힘을 가하면 가한 힘을 토대로 차량을 구동할 수 있도록 구성하여야 하므로 인휠 기반의 모터 및 림을 그림 1과 같이 설계하였다. 그림 1에서 바퀴는 모터, 드라이버 제어기 일체형인 인휠 모터로 구성하였으며 이외에는 일반 수동휠체어와 동일하게 구성하였다. 그림 1에서 사용자가 힘 보조형 전동 휠체어를 구동시킬 때 힘을 림에 가하게 되며 이때 림에 걸린 외력은 사용자의 구동 의지력(F_a)이라 하겠다. 힘 보조형 전동 휠체어에 적용되는 구동 의지력은 사용자가 휠체어 림을 조작할 때마다 작용되며 이로 인해 모터에는 사용자 구동력에 의한 모멘트(M_a)가 발생하게 된다. 식(1)은 사용자의 구동 의지력에 대한 바퀴에 걸리는 모멘트의 크기를 나타낸다.

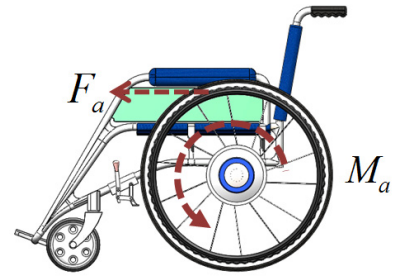


그림 1. 힘 보조형 전동 휠체어
Fig. 1. Power assisted electric wheelchair

$$\begin{aligned} M_a &= F_a \times r \times N \\ F_a &= M_a / (r \times N) \end{aligned} \quad (1)$$

식(1)에서 r 은 차량 바퀴의 반지름이며, N 은 차량 바퀴에서의 감속비를 나타낸다. 식(1)으로부터 구동 의지력으로 인한 차량에 걸리는 외력을 추출할 수 있으며, 현재 힘 보조형 전동 휠체어의 각 바퀴에 걸리는 외력을 정확하게 파악할 경우 사용자의 구동 의지력에 따른 정확한 차량 제어가 가능해진다.

3. 힘 보조형 휠체어 제어 알고리즘

3.1 토크 추정 관측기

차량이 이동하는 과정에서 사용자의 구동 의지가 차량에 적용할 때 차량의 바퀴에는 외력이 작용한다. 이러한 외력에 의한 토크를 차량의 바퀴 회전 상태를 통해 유추하기 위한 모터 모델을 그림 2와 같이 나타내었다.

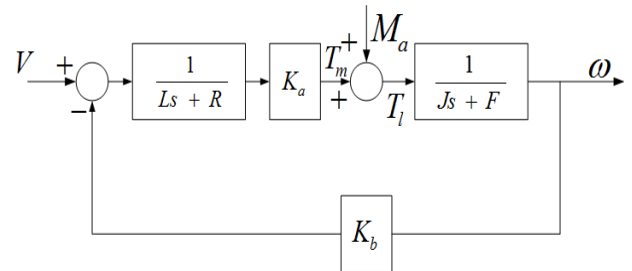


그림 2. 모터의 수학적 모델
Fig. 2. Mathematical model of the motor

그림 2에서 L, R, J, F, K_a, K_b 는 각각 모터의 인덕턴스, 저항, 모터축의 회전질량, 모터축의 마찰, 토크상수, 역기전력 상수를 나타낸다. 그림 2에서 기본적으로 모터에 걸리는 외력이 없을 경우에는 수식(2)와 같이 전압에 대한 모터의 회전으로 표현 가능하다.

$$\omega(s) = \frac{K_a}{LJs^2 + (RJ + LF)s + RF + K_a K_b} V(s) \quad (2)$$

식(2)에서는 외력이 없을 경우에 모터에 인가되는 전압 대비 모터의 속도를 나타낸다. 하지만 외력이 존재할 경우 인가된 전압에 대한 모터의 속도는 외력에 의해 차이가 발생하게 된다. 이에 현재 인가되고 있는 입력전압 대비 실제 구동되고 있는 모터의 속도를 비교하여 모터에 걸리는 외력

을 측정할 수 있다. 식 (3)은 외력에 의해 모터에 걸리는 토크의 크기를 나타낸다.

$$M_a(s) = \left(Js + f + \frac{K_a K_b}{Ls + R} \right) \omega(s) - \frac{K_a}{Ls + R} V(s) \quad (3)$$

따라서 식(1)과 식(3)을 적용할 경우 각 바퀴에 걸리는 사용자 보행의 지력은 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$F_a(s) = \frac{\left(Js + f + \frac{K_a K_b}{Ls + R} \right) \omega(s) - \frac{K_a}{Ls + R} V(s)}{N \times r} \quad (4)$$

식(4)를 통해 사용자가 림에 외력을 가할 경우 실제 인가된 전압과 현재 휠에 걸리는 속도와의 차이에 의해 사용자가 휠 림에 작용한 힘의 크기를 추출할 수 있다. 이제 추출된 힘의 크기는 노이즈 정보가 첨가되어 있으므로 이를 제거하기 위해 저역 통과 필터(Low Pass Filter)를 적용하였다. 식 (5)는 본 논문에서 적용된 저역통과필터이다.

$$\begin{aligned} \widehat{M}_a(s) &= \frac{1}{\tau s + 1} M_a(s) \\ \widehat{F}_a(s) &= \frac{1}{\tau s + 1} F_a(s) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 τ 는 저역통과필터 시정수이다.

3.2 전동 휠체어 제어 알고리즘

힘 보조형 전동 휠체어에 있어 사용자의 구동 의지력이 바퀴를 통해 모터에 전달되면 이는 모터의 외력으로 작용하며, 사용자의 구동 의지력에 따라 차량을 정확하게 제어할 수 있어야 한다. 이에 차량의 안정적인 제어를 수행하기 위해 그림 3과 같이 제어기를 구성하였다.

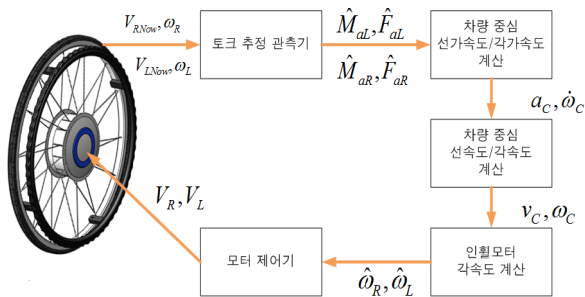


그림 3. 힘 보조형 전동 휠체어 제어 구조

Fig. 3. Control structure of the power assisted electric wheelchair

그림 3에서 사용자가 림에 힘을 작용할 경우 모터에 가해지는 외력에 의한 토크는 토크 추정 관측기를 통해 식 (3)-(5)와 같이 계산되었다. 이제 토크 추정 관측기를 통해 추정된 각 모터에 걸린 외력($\widehat{F}_{aL}, \widehat{F}_{aR}$)을 토대로 차량 중심에서의 선가속도 및 각가속도를 계산하도록 한다. 그림 4는 차량에 걸리는 외력에 대한 차량 중심에서의 선가속도 및 각가속도를 도식한 그림이다.

그림 4에서 휠체어 림에 걸리는 추정된 힘을 각각 F_L 과 F_R 이라 하였을 때 이에 따라 휠체어 중심에 걸리는 힘에 의한 선가속도 및 각가속도는 식 (6)과 같이 표시할 수 있다.

$$F_R = ma_R, \quad F_L = ma_L a_C = \frac{a_R + a_L}{2}, \quad \dot{\omega}_C = \frac{a_R - a_L}{l} \quad (6)$$

여기서 a_R 과 a_L 은 각각 차량에 대해 오른쪽 바퀴와 왼쪽 바퀴에 걸리는 선가속도, l 은 차량 바퀴 사이의 폭을 나타낸다. 식(6)을 통해 추론된 차량의 중심에서의 선가속도와 각가속도를 토대로 차량 중심에서의 선속도 및 각속도를 식 (7)과 같이 구형하였다.

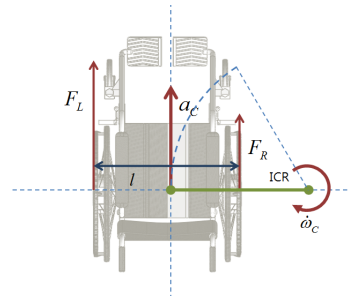


그림 4. 휠체어 중심에서의 선가속도와 각가속도

Fig. 4. Linear and Angular acceleration at the center of the electric wheelchair

$$\begin{aligned} v_c &= \delta(t, T) \times \int a_c \\ \omega_c &= \delta(t, T) \times \int \dot{\omega}_c \\ \delta(t, T) &= \frac{1}{1 + e^{10(t+T)/\alpha + 5}} \\ \alpha &= K_T \times \max\{a_c\} \end{aligned} \quad (7)$$

식(7)에서 $\delta(t, T)$ 는 본 논문에서 정의한 시그모이드 함수이며, K_T 는 차량의 이동 감도를 조절하는 상수이다. 식 (7)에서 차량 중심에서의 선속도 및 각속도는 계산된 차량 중심에서의 선가속도와 각가속도를 적분함으로써 얻어지게 된다. 하지만 차량의 선가속도 및 각가속도를 적분 형태로 계산을 수행하게 될 경우 차량은 힘을 한번 가한 후에는 다른 외력이 발생하지 않는 한 차량이 일정 시간 후 지속적으로 선속도 및 각속도를 가지고 차량이 움직이게 된다. 하지만 실제 수동 휠체어는 일정 시간이 지나면 차량이 자연스럽게 정지되므로 사용자의 안정성 및 실제 수동형 휠체어와 유사한 느낌으로 구동시키기 위해 일정시간이 지나면 속도가 0이 되도록 구성하여야 한다. 이에 본 논문에서는 식(7)에서와 같이 차량의 속도에 시그모이드 함수 $\delta(t, T)$ 를 적용함으로써, 림에 힘을 가한 시점 T시간부터 가속도에 의한 차량의 속도가 정확하게 반영되다가 사용자 설정시간 α 시간이 되면 차량의 속도가 0에 근접하게 함으로써 림에 사용자가 힘을 적용한 시간 동안의 힘에 의한 가속도 크기가 가장 큰 값에 비례하여 시간을 결정되며, 이에 따라 사용자가 힘을 크게 가하면 차량이 이동하는 시간을 늘려 차량이 보다 많이 이동할 수 있도록 하였다.

이제 차량 중심의 선가속도와 각가속도를 토대로 차량 각 바퀴에 걸리는 휠의 속도를 Ackman 구동 방식으로 유도하였다. Ackman 구동 방식은 순간 회전 중심(ICR: Instantaneous Center of Rotation)을 중심으로 하는 회전 운동으로 4개의 바퀴가 회전 중심을 기준으로 동심원에 접하고 동일한 각속도를 가지게 됨으로써 차량의 움직임이 미

끄러짐 없이 이동 가능한 기법이다[13]. 그림 5는 차량의 Ackman을 이용하였을 때의 회전중심을 나타내며 식 (8)-(9)는 이때의 차량 바퀴의 속도를 나타낸다.

$$\hat{\omega}_R = \frac{2v_C + lw_C}{2r} \quad (8)$$

$$\hat{\omega}_L = \frac{2v_C - lw_C}{2r} \quad (9)$$

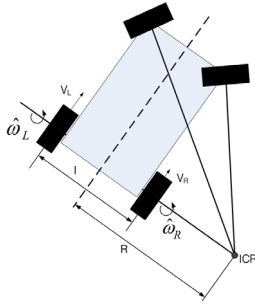


그림 5. Ackman 구동 모델
Fig. 5. Ackman driving model

식(8)-(9)에서 l 은 차량의 폭, r 은 차량의 바퀴의 반지름, R 은 차량의 중심에서 회전 중심(ICR)까지의 거리를 나타낸다. 또한 w_c 는 차량의 중심에서 ICR을 기준으로 하였을 때의 각속도를 나타내며 \hat{w}_L, \hat{w}_R 은 각각 왼쪽 바퀴와 오른쪽 바퀴의 각속도를 나타낸다. 위의 식으로부터 현재 차량의 속도로 추정된 외력 및 현재 차량의 움직임을 토대로 차량의 바퀴의 각속도를 추정할 수 있다.

이제 추정된 차량의 각 바퀴의 속도를 모터제어기에 적용하여 모터를 제어할 수 있도록 하였다. 본 논문에서는 모터 제어기로 PID제어기(Proportional Integral Derivative controller)를 적용하였다.

4. 시뮬레이션 결과

본 논문에 적용된 힘 보조형 전동 휠체어는 그림 6과 같다. 본 논문에서 시뮬레이션에 적용된 전동 휠체어는 시트 폭이 380mm 바퀴사이 폭이 500mm, 최대높이 750mm, 앞뒤 폭 1100mm 질량이 14.5Kg의 대성 DS911A 시트분리형 휠체어에 개당 8Kg의 인휠 모터를 장착하였다. 이때 보행 보조기에 적용된 모터 및 감속기 사양은 표 1과 같다.



그림 6. 힘 보조형 전동 휠체어 시뮬레이션 모델
Fig. 6. Simulation model of power assisted electric wheelchair

표 1. 시뮬레이션에 적용된 모터 및 감속기 사양
Table 1. Specification of motor and gear box applied at the simulation

인휠 모터 사양		
사양	단위	데이터
직경	m	0.6
입력전압	V	24
저항	Ω	0.661
인덕턴스	H	0.119×10^{-3}
토크 상수	Nm/A	0.0259
역기전력 상수	V·s/rad	0.0259
회전자 Inertia	Kg·m ²	3.33×10^{-6}
회전자 마찰력	Nm	0
엔코더 해상도	CPT	500
감속비		50:1

본 논문에서는 MATLAB을 이용하여 제시된 보행보조기 및 구동기 사양에 맞춰 시뮬레이션을 수행하였다. 모터에 되먹임 제어를 수행할 경우 외력이 작용한 경우와 외력이 작용하지 않았을 때의 모터의 회전 속도는 그림 7과 같다. 그림 7에서는 구동 후 0.3초 후에 되먹임 제어 입력값으로 2000 RPM을 입력 한 후, 0.5초 이후에 -1Kgf의 힘을 가한 후 이를 0.7초까지 유지한 경우에 모터 회전 속도 변화를 비교하였다. 그림 7의 (a), (b)를 비교해 보았을 때 속도 되먹임 제어를 구축하였을 경우 외력에 의한 값의 변화가 거의 없다. 하지만 토크 추정 관측기를 적용하였을 경우 외력을 정확하게 추출할 수 있었으며 그림 8과 같이 측정되었다.

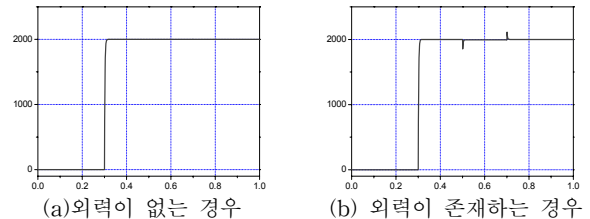


그림 7. 모터에 제어를 수행하였을 경우의 외력에 대한 모터 속도 비교

Fig. 7. Comparison with motor velocity by external force applied feedback control

그림 8에서 0.5초에서 0.7초까지 0.2초간의 모터에 외력 -1kgf의 힘을 가하였을 때 외력에 의해 바퀴에 작용되는 힘은 1.2Nm가 되며 저역통과필터를 통해 필터링된 비교적 정확한 데이터를 추출함을 알 수 있다. 이제 이 데이터를 토대로 직진 모션 및 회전 모션일 경우에 차량의 이동 상태를 평가하기로 한다. 그림 9는 동일한 힘으로 좌우 림을 밀었을 경우 차량의 모션 변화를 표시한 그래프이다.

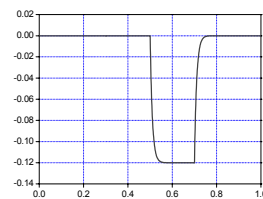


그림 8. 시뮬레이션에 의한 토크 측정 결과
Fig. 8. Result of torque by simulation

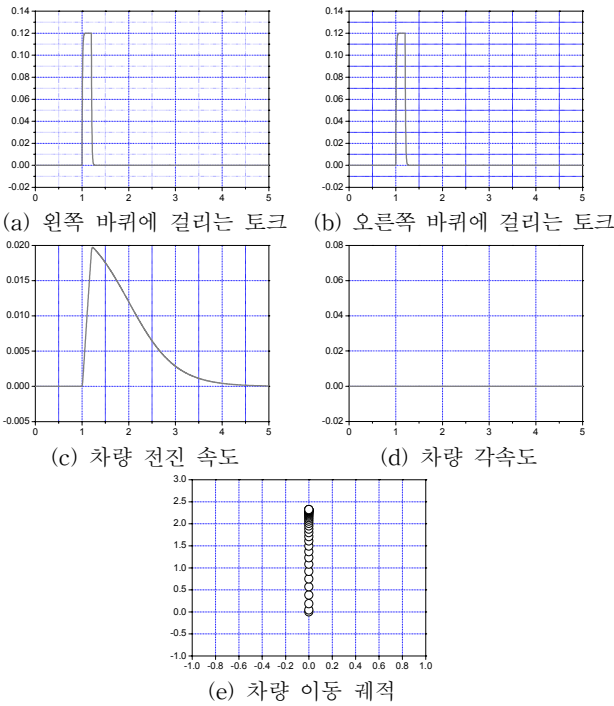


그림 9. 전진 이동 시 제어 알고리즘에 의한 모션 결과
Fig. 9. Motion result during straight moving by control algorithm

그림 9는 차량이 정지되어 있는 상태에서 1초 후 0.2초 동안 차량을 전진방향으로 1Kgf의 힘으로 양쪽 립을 밀었을 경우 이때 차량에 전달된 토크 및 이로 인한 차량의 선속도 및 각속도 변화 그리고 이에 따른 차량의 이동 궤적을 나타낸다. 차량 전진을 위해 사용자가 양쪽 립에 동일한 힘을 가한 경우 왼쪽바퀴에 걸리는 토크와 오른쪽 바퀴에 걸리는 토크가 일정하게 되며, 이에 따라 차량은 전진한다. 0.2초 동안 1Kgf의 힘을 밀었을 경우 시뮬레이션 상에서는 2.32m 전진함을 알 수 있었다.

그림 10은 차량이 정지되어 있는 상태에서 1초 후 제자리에서 회전하고자 0.2초 동안 1Kgf의 힘을 역으로 가한 경우의 차량 모션의 변화 결과이다. 그림 10에서 사용자는 힘보조형 휠체어에 회전을 하려는 힘을 가하기 때문에 왼쪽 바퀴에 걸리는 토크와 오른쪽 바퀴에 걸리는 토크는 힘의 크기는 같으나 힘의 방향이 반대로 이루어지게 되며 이에 따라, 차량은 전진하지 않고 회전만 수행되어 그림10의 (e)의 경우 이동이 이루어지지 않음을 알 수 있다. 그림 11은 정지되어 있는 차량에서 1초 후 0.2초 동안 왼쪽 립에 -0.5Kgf의 힘을 가하고 오른쪽 립에 1Kgf의 힘을 가한 경우의 움직임을 나타낸 것이다. 이 경우 0.2초 동안 왼쪽 바퀴 및 오른쪽 바퀴에 걸리는 토크의 크기는 각각 0.06Nm, 0.12Nm 이고, 이에 따라 차량에는 전진 속도와 차량 각속도가 동시에 표현되면서 차량은 좌로 1m, 전진방향으로 1.3m전진하게 됨을 알 수 있다.

본 시뮬레이션 결과로부터 모터의 되먹임 제어 중에 사용자의 구동 의지력이 들어온 경우 구동 의지력을 정확하게 추출할 수 있었다. 그리고 이 추출된 구동 의지력을 토대로 사용자가 전진, 회전 및 임의의 동작을 수행하기 위해 휠체어 양단의 립에 힘을 가했을 경우 가한 힘의 크기에 따라 차량이 가한 힘에 따라 이동함을 알 수 있었다. 또한 시그

모이드 함수를 적용하여 일반 수동형 휠체어와 같은 구동 특성을 보일 수 있도록 알고리즘을 제안하였고 실제 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

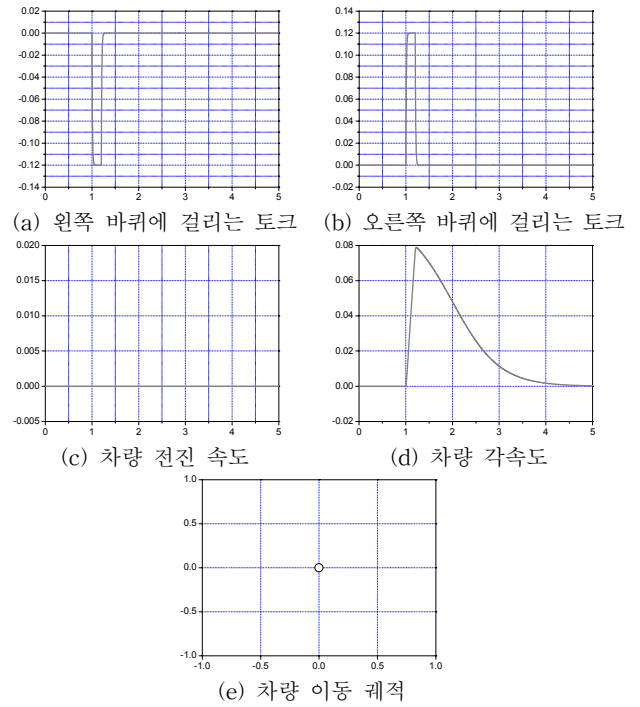


그림 10. 회전 이동 시 제어 알고리즘에 의한 모션 결과
Fig. 10. Motion result during rotation moving by control algorithm

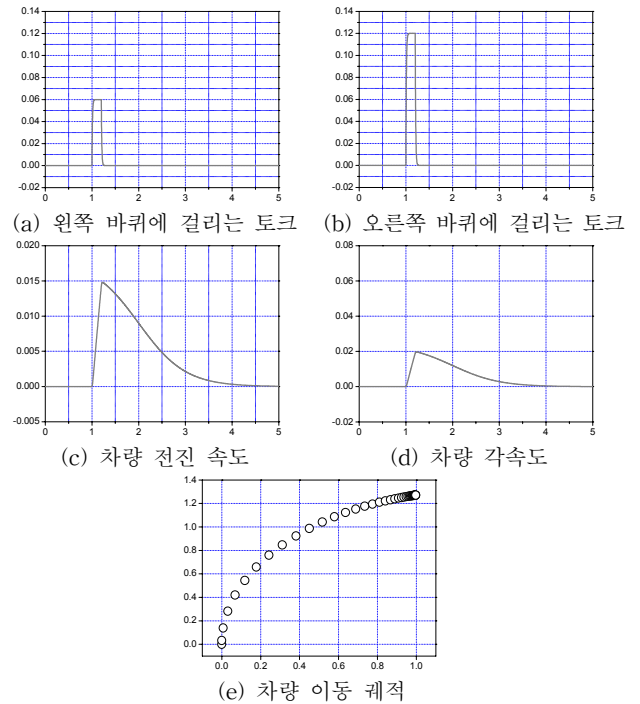


그림 11. 각 립에 다른 힘을 가한 경우의 차량의 모션 결과
Fig. 11. Motion result applying different force at the each rim

5. 결론

본 논문에서는 힘 보조형 전동 휠체어에 힘을 측정하기 위한 임의의 센서 없이 차량 제어를 위한 엔코더 등의 속도 센서를 이용하여 모터에 걸리는 외력을 추정하고 이를 토대로 사용자의 구동 의지력을 추정할 수 있도록 하였다. 또한 이를 토대로 사용자의 구동 의지값을 힘 보조형 휠체어 제어기를 제안하고 이를 시뮬레이션을 통해 차량이 제안된 제어기를 통해 잘 이동되리라는 것을 시뮬레이션을 통해 증명하였다.

향후 실제 힘 보조형 전동 휠체어에 본 알고리즘을 적용하여 시스템의 신뢰성 실험을 수행할 것이다. 또한 다양한 센서를 통한 힘 추종, 모션 제어 기술 개발 및 다양한 환경에서의 차량의 안정성 및 사용자의 구동의지를 정확하게 반영하기 위한 알고리즘을 개발하여 비평지에서도 안전하게 구동할 수 있는 힘 보조형 휠체어 연구가 진행될 것이다.

참고 문헌

[1] Yasuhiro Nemoto, Saku Egawa, Atshshi Koseki, Shizuko Hattori, Takeshi Ishii, and Masakatsu Fujie, "Power-Assisted Walking Support System for Elderly," *Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 20, No. 5, pp. 2693-2695, 1998.

[2] Aaron Morris, Raghavendra Donamukkala, anuj Kapuria, Aaron Steinfeld, Judith T, Matthews, Jacqueline Dunbar-Jacob, and Sebastian Thrun, "A Robotic Walkier That Provides Guidance," *Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 25-30, 2003.

[3] J.S. Kong, D.K. Lee, Y.S. Nam, B.H. Lee, and E.H. Lee, "Optimized Walking Will Recognizing System of the Walking Aid with the Fuzzy Algorithm," *Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 18, No. 5, pp. 692-699 2008.

[4] R.A. Cooper, L.M. Widman, D.K. Jones, R.N. Robertson, and J.F. Ster, "Force Sensing Control for electric powered wheelchairs," *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, Vol. 8, no. 1, pp. 112-117, 2000.

[5] S. Katsura and K. Ohnishi, " Semiautonomous wheelchair Based on quarry of environmental information," *IEEE Trans. on Industrial Electronics Society*, Vol. 53, No. 4, pp. 1373-1382, 2006.

[6] Richard Simpson, Edmund LoPresti, Steve Hayashi, Illah Nourbakhsh and David Miller, "The Smart Wheelchair Component System," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Vol. 41, No. 3B, pp. 429-442, 2004.

[7] Atsuhiko Nakamura, Gen Obayashi, Yasunari Fujimoto, Osamu Nitta, and Toru Yamaguchi, "Development of Intelligent Power Wheelchair Assisting for Frail Elderly People on Daily Life," *Int. Joint. Conf. ICROS-SICE*, pp. 2754-2757,

2009.

[8] R. A. Cooper, T. A. Corfman, S. G. Fitzgerald, M. L. Boninger, D. M. Spaeth, W. Ammer, and J. Arva, "Performance Assessment of a Pushrim-activated Power-Assisted Wheelchair Control System," *IEEE Trans. Control System Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 121-126, 2002.

[9] Y. Takahashi, S. Ogawa, and S. Machida, "Front Wheel Raising and Inverse Pendulum Control of Power Assist Wheelchair Robot," *In Proc. IEEE IECON*, pp. 668-673, 1999.

[10] H. Seki and S. Tadakuma, "Straight and circular Road Driving Control for Power Assisted Wheelchair Based on Fuzzy Algorithm," *IEEE IECON*, pp. 3898-3903, 2006.

[11] H. Seki, T. Sugimoto, and S. Tadakuma, "Driving Control of Power Assisted Wheelchair Based on Minimum Jerk Trajectory," *Int. Conf. on Power Electronics*, pp. 1682-1687, 2005.

[12] Yuusuke Oonishi, Sehoon Oh, and Yoichi Hori, "A New Control Method for Power-Assisted Wheelchair Based on the Surface Myoelectric Signal," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, Vol. 57, No. 9, pp. 3191-3196, 2010.

[13] G. Dudek and M. Jenkin, "Computational Principles of Mobile Robot," *Cambridge university press*, pp. 26-27, 2000.

저자 소개



공정식(Kong Jung Shik)

1998년 : 인하대 자동화공학과 학사 졸업
 2006년 : 인하대 자동화공학과 박사 졸업
 2009년~현재 : 인덕대학 기계설계과 전임 강사
 관심분야 : 지능 제어, 재활 공학, 지능형 로봇 및 제어

Phone : 02-950-7526
 Fax : 02-950-7538
 E-mail : jskong@induk.ac.kr



백승엽(Baek Seung Yub)

2000년 : 항공대 항공우주공학과 학사졸업
 2007년 : 인하대 기계공학과 박사 졸업
 2009년~현재 : 인덕대학 기계설계과 전임 강사
 관심분야 : 초정밀 나노 시스템, 나노 바이오

Phone : 02-950-7525
 Fax : 02-950-7538
 E-mail : sybaek@induk.ac.kr