

# 2D 조이스틱에 기반한 전동휠체어의 토크 분배 알고리즘

박성준\*, 박제욱\* 김장목\*,  
부산대학교 전자전기 공학과\*

The torque distribution algorithm of driving wheels using 2D joystick in the electric wheel-chair

Sung-Jun Park\*, Je-Wook Park\*, Jang-mok Kim\*  
Pusan National University, Department of Electrical Engineering\*

## ABSTRACT

This paper proposes the algorithm of torque distribution in the electric wheel-chair using 2D joystick for drive safety. For the accurate driving performance, the specific and precise torque distribution is required in both wheels depending on signals of X-Y axis that is generated from 2D joystick. The signals of X-Y axis from joystick are transformed into the propulsion force and the torque reference. And the torque reference can be generated through the dynamic model of wheel-chair. The optimal dynamic characteristics of the electric powered wheelchair can be obtained, by adjusting the sensitivity coefficients of propulsion force and torque reference. In addition, the system takes smooth and stable control characteristics due to continuous torque output at all directions of joystick. The several simulations verify the usefulness of the proposed algorithm about torque distribution.

## 1. 서론

최근 의학의 발달 및 삶의 질 개선으로 인해 고령인구가 증가함으로써 고령자의 근거리 이동수단으로 전동휠체어의 사용이 증대 되고 있는 추세이다. 1980년대 이후 지난 30여년 동안 전동휠체어의 디자인은 크게 발전하였으나 제어 기술인 알고리즘은 큰 발전이 이루어지지 않은 상태이다. 본 논문에서는 이륜구동 전동휠체어의 2D 조이스틱에 기반한 전동 휠체어의 토크 분배 알고리즘을 제안한다. 토크 분배 알고리즘은 추진력과 회전토크 감도 계수를 조절하여 운전자가 원하는 최적의 동적 특성을 가질 수 있도록 설정할 수 있으며 조이스틱의 모든 방향에 대하여 연속적인 토크를 출력할 수 있어서 보다 부드럽고 안정적인 제어특성을 가진다.

제안한 전동휠체어의 토크 분배 알고리즘은 시뮬레이션을 통하여 타당성을 검증하였다.<sup>[1],[2]</sup>

## 2. 제안한 휠 토크 분배 알고리즘

### 2.1 절 전동휠체어의 기구학적 모델

전동휠체어의 기구학적 모델은 두 개의 구동 휠로 추진하며 두 휠의 속도차를 이용하여 조향이 이루어지는 형태를 대상으로 한다. Fig1.은 두 개의 구동 바퀴를 가지는 전동휠체어의 모델이다. 간단한 기구학적 모델을 얻기 위해 차량의 바퀴는 지면에 대해 완전 구름 조건을 만족하고 측면 미끄러짐도 없다고 가정한다. 이 가정을 통하여 전동휠체어의 기구학 방정식은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

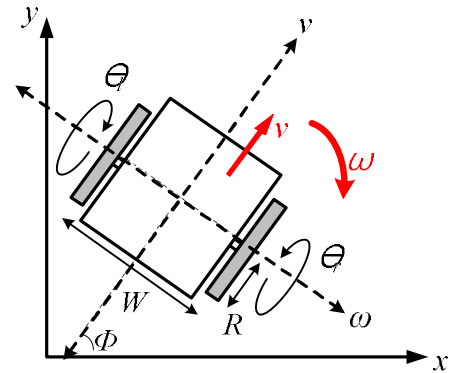


Fig1. Electric powered wheelchair model

$$\dot{x} = \frac{R}{2}(\dot{\theta}_l + \dot{\theta}_r)\cos\phi$$

$$\dot{y} = \frac{R}{2}(\dot{\theta}_l + \dot{\theta}_r)\sin\phi \quad (1)$$

$$\dot{\phi} = \frac{R}{W}(\dot{\theta}_l - \dot{\theta}_r)$$

$\dot{x}$ ,  $\dot{y}$ 는 각각 x축과 y축 방향의 속도,  $\dot{\theta}_l$ ,  $\dot{\theta}_r$ 은 각각 왼쪽과 오른쪽 휠의 회전각속도,  $\phi$ 는 전동휠체어의 진행 방향,  $\dot{\phi}$ 는 전동휠체어 차체의 회전각속도, R은 휠의 반경, W는 양쪽 휠의 차체 중심간의 길이이다. 식 (1)을 진행 방향 성분과 진행 방향에 수직인 회전 방향 성분인 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$v = \frac{R}{2}(\dot{\theta}_l + \dot{\theta}_r) \quad (2)$$

$$\dot{\phi} = \frac{R}{W}(\dot{\theta}_l - \dot{\theta}_r)$$

이때  $v$ 는 휠체어의 진행방향  $\omega$ 는 휠체어의 회전방향이며 휠체어의 진행방향과 회전방향에 대한 각 속도를 값을 시간에 대해 미분을 하여 각 가속도에 대한 식으로 전개 하면 식 (3), (4)와 같이 각 가속도의 변화에 따른 추진력과 회전토크의 식으로 나타낼 수 있다.

$$F_p = m\dot{v} = m \frac{R}{2} (\ddot{\theta}_l + \ddot{\theta}_r) \quad (3)$$

$$T_o = J\ddot{\phi} = J \frac{R}{W} (\ddot{\theta}_l - \ddot{\theta}_r) \quad (4)$$

각 가속도에 대한 값을 Lagrange 운동방정식<sup>[3]</sup>에 대입하여 전개하면 식 (5)와 같이 나타낼 수 있으며 이를 양쪽 휠의 토크에 대한 수식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \tau_r \\ \tau_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{mR^2}{4} + \frac{JR^2}{W^2} + J_w & \frac{mR^2}{4} - \frac{JR^2}{W^2} \\ \frac{mR^2}{4} - \frac{JR^2}{W^2} & \frac{mR^2}{4} + \frac{JR^2}{W^2} + J_w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\theta}_r \\ \ddot{\theta}_l \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\tau_l = \left( \frac{R}{2} + \frac{J_w}{mR} \right) F_p + \left( \frac{R}{W} + \frac{J_w W}{JR} \right) T_r \quad (8)$$

$$\tau_r = \left( \frac{R}{2} + \frac{J_w}{mR} \right) F_p - \left( \frac{R}{W} + \frac{J_w W}{JR} \right) T_r \quad (9)$$

$m$ 은 차체의 질량이며  $J$ 는 차체의 회전 관성  $J_w$  구동 휠의 회전 관성이다.

## 2.2 절 2D 조이스틱을 이용한 토크 지령 생성

전동휠체어를 제어하기 위해 사용하는 조이스틱은 운전자가 움직이고자 하는 방향과 힘의 크기를 제어로 전달하는 역할을 한다. 전동휠체어의 추진력과 회전 토크를 조이스틱의 출력신호에 대응 시키면 아래와 같이 나타낼 수 있다.  $x_j, y_j$ 는 조이스틱 출력 신호이며  $\alpha$ 는 회전 토크의 감도계수,  $\beta$ 는 추진력의 감도 계수이다.

$$T_r = \alpha x_j \quad (10)$$

$$F_p = \beta y_j \quad (11)$$

$$\tau_{lj}^* = \alpha \left( \frac{R}{2} + \frac{J_w}{mR} \right) y_j + \beta \left( \frac{R}{W} + \frac{J_w W}{2JR} \right) x_j \quad (12)$$

$$\tau_{rj}^* = \alpha \left( \frac{R}{2} + \frac{J_w}{mR} \right) y_j - \beta \left( \frac{R}{W} + \frac{J_w W}{2JR} \right) x_j \quad (13)$$

식 (10), (11)을 식 (8), (9)에 대입하여 전개를 하면 최종적으로 조이스틱의 지령과 감도 계수에 대한 휠의 토크 방정식으로 정리 할 수 있다.

## 3. 시뮬레이션

$\alpha$ 가 작고  $\beta$ 가 큰 경우 양쪽 휠의 토크 지령의 위상차가 작으므로 전 후진에서 큰 토크 지령 발생한다. 그리고 선회

지령에서 작은 토크 지령이 발생하며 결과적으로 높은 가속성능, 낮은 코너링 성능을 가지게 된다.

반대로  $\alpha$ 가 크고  $\beta$ 가 작은 경우 높은 코너링 성능과 낮은 가속 성능을 가지게 된다.

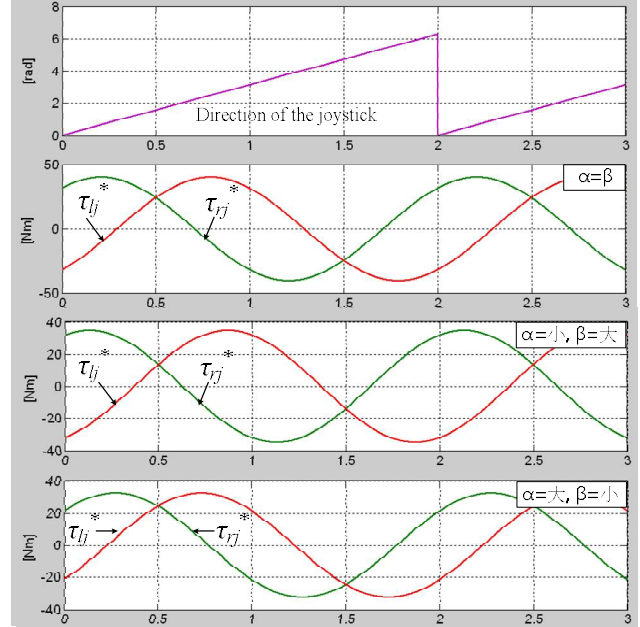


Fig.3 Torque reference generation according to the direction of the joystick

## 3. 결론

본 논문에서는 전동휠체어 동적 모델에 기반한 연속적인 토크 분배 방식 제안하였으며 추진력 및 회전토크 좌표로 변환하여 해석하였다. 전동 휠체어에 2D 조이스틱에 기반한 전동휠체어의 토크 분배 알고리즘을 적용하여 연속적인 토크 제어와 감도 계수 설정을 통하여 운전자가 원하는 감도로 부드럽게 운전이 가능하도록 설계 되었다.

시뮬레이션을 통하여 조이스틱의 지령에 따라 양쪽 휠에 동일한 토크가 발생하는 것을 확인하였으며 향후 실험을 통하여 실질적인 문제점들을 개선 할 예정이다.

이 논문은 2012년도 정부재원(지역혁신 인력 양성 사업) 한국 연구재단의 지원을 받아 수행한 연구 과제 입니다. (No. 2012026153)

## 참고 문헌

- [1] J. Miyata, Y. Kaida and T. Murakami: "v-φ-Coordinate-Based Power-Assist Control of Electric Wheelchair for a Caregiver" IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 55, No. 6, June 2008.
- [2] 안정우, 박동진, 권태중, 한창수: "자율 주행차량의 경로추종 제어 알고리즘" 한국정밀공학회지 제 17권 제 4호, 2007년 4월.
- [3] H. Seki and S. Tadakuma: "Minimum jerk control of power assisting robot based on human arm behavior characteristic", Proc. of The International Conference of IEEE Systems, Man and Cybernetics, pp.722-727 (2004)