

# 계단 승월 휠체어의 주행 시뮬레이션 모델 개발 Development of driving simulation model for stair climbing wheelchair

\*\*조현석<sup>1</sup>, #류제청<sup>1</sup>, 문무성<sup>1</sup>

\*H. S. Cho<sup>1</sup>, #J. C. Ryu<sup>1</sup>(jcryu@korec.re.kr), M. S. Mun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>근로복지공단 재활공학연구소

Key words : stair, wheelchair, track, dynamic stability

## 1. 서론

기존의 휠체어는 불규칙한 노면, 계단 등의 지형 장애를 극복할 수 없어 휠체어 사용자의 이동에 제약이 많이 따른다. 특히 지하철 탑승과 같은 대중교통 이용에 있어서는 엘리베이터를 찾아다녀야 하거나 계단에 설치된 휠체어리프트는 안전문제와 사용시 안내보조원의 도움을 받아야하는 등 상당한 불편함이 따른다. 이러한 난해한 지형을 극복하기 위하여 다양한 방식의 지형 극복 메커니즘이 고안되었으며 일부는 상품화되었다.

지형 극복 메커니즘은 주로 로봇 분야에서 구현되었다. Hirose는 계단 등판을 위한 2단 분절형 트랙 구조와 급경사에서 자세 안정성 유지를 위한 반원형 레일을 따라 부하물의 각도 조절이 가능한 산업용 캐리어를 소개하였다.[1] 이청희 등은 T형 무한궤도의 형상을 조정하여 계단 주행 시 에너지 소모를 최소화하고 계단 적응력을 높이는 방법을 연구하였다.[2] 박동일 등은 가변형 구조의 롤러를 이용하여 무한궤도의 각도를 조절할 수 있도록 하여 계단 및 협로의 주행이 가능한 시스템을 제안하였다.[3]

이러한 지형극복 메커니즘을 휠체어에 적용한 연구가 21세기에 들어서면서 제품화되기 시작하였다. Lawn 등은 두 개의 무한궤도를 연결하고 중간이 꺾이는 구조로 계단 등반 시 상황에 따라 지면에 적응할 수 있는 시스템을 휠체어에 적용하였다.[4] Kamen 등은 무한 궤도가 아닌 구동되는 두 개의 바퀴가 회전하는 프레임에 연결된 구조의 계단 주행 휠체어를 개발하였다.[5]

iBOT과 같이 정밀한 균형제어로 휠체어의 바퀴를 그대로 사용하는 경우도 있으나 대부분의 연구에서는 지형극복을 위하여 무한궤도 시스템을 응용하고 있다. 이는 안정성 및 탑승자의 조작성을 고려하였을 때 가장 이상적인 선택이므로 본 연구에서도

무한궤도 시스템을 응용하고자 하였다.

본 연구에서는 계단 주행 휠체어의 핵심인 무한궤도 메커니즘의 개발을 위하여 동적 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 개발된 모델에 대한 계단 주행 성능 및 안정성 시뮬레이션을 수행하고 구동부의 용량 및 안정적 주행 조건을 평가하였다.

## 2. 계단승월 휠체어 모델링

계단승월 휠체어는 그림 1과 같이 2개의 독립적인 주궤도와 계단 진입 및 이탈을 위한 1개의 각도 조절식 부궤도로 이루어진다. 시트는 계단 주행 시 안정성 유지를 위하여 후방으로 각도 조절이 가능한 구조이다. 궤도에 사용되는 트랙모듈은 인장 강성을 확보하기 위한 금속 선이 내장된 일체형 고무 트랙을 사용한다. 이러한 휠체어를 위한 시뮬레이션 모델은 RecurDyn과 TrackLM 상에서 개발되었다. TrackLM에서는 고무 물성의 일체형 트랙 모델을 제공하지 않으므로 분절형 강체로 이루어진 트랙 모델을 사용하였다. 주행 시뮬레이션을 위한 계단 구조물은 폭 260mm, 높이 180mm의 계단 크기를 가지는 8개의 계단으로 구성하였다.

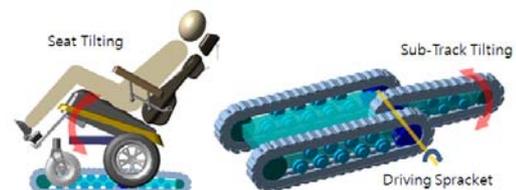


Fig. 1 Simulation model of stair climbing wheelchair

## 3. 시뮬레이션 결과

계단 주행 시뮬레이션은 2개의 주궤도 구동, 보조궤도의 각도조절 및 시트쿠션 틸팅 각도 조절

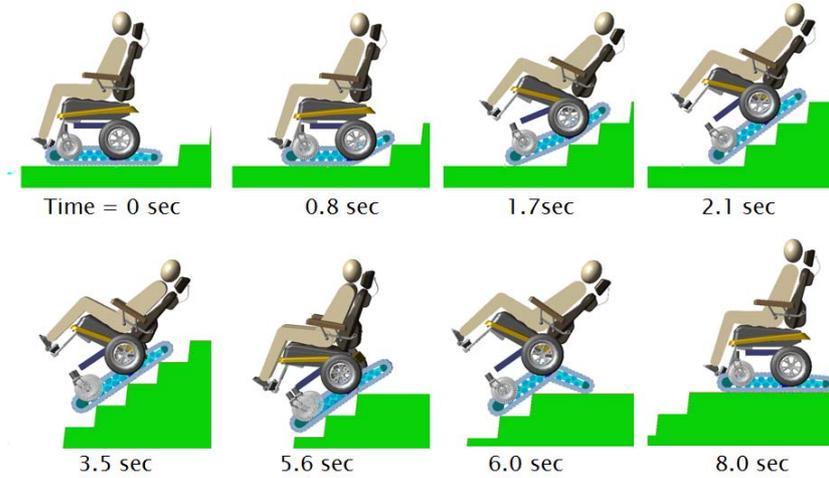


Fig. 2 Stair climbing simulation result animation images captured by stages

등 총 4개의 액츄에이터의 변위를 입력하여 수행하였다. 이를 통하여 계단 진입 및 이탈 시의 보조궤도의 진입각도 및 이탈각도를 산출하였다. 또한 계단 주행 시 진폭 방지를 위한 시트쿠션의 틸팅 각도 요구량도 산출하였다. 그림 2에는 계단 주행 시물레이션 결과로부터 휠체어의 단계별 상태를 보여주고 있다. 그림 3에는 계단 주행 시 트랙의 각 구동부에 걸리는 토크를 보여주고 있다. 트랙 유닛과 계단 모서리와의 접촉이 매우 빈번하게 발생하기 때문에 산출된 토크 그래프는 매우 큰 변화율을 가진다. 60Hz Low Pass Filter를 적용한 결과 주트랙에 걸리는 토크 레벨은 약 50 Nm ~ 80 Nm의 수준으로 나타났다.

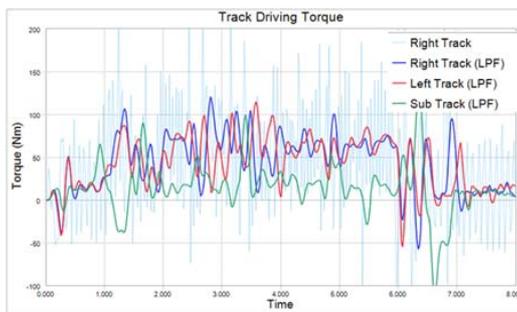


Fig. 3 Track driving torques obtained by simulation

#### 4. 결론

본 연구에서는 계단승월 휠체어의 주행특성 분

석을 위한 주행 시물레이션 모델을 개발하였다. 개발된 모델을 이용하여 역동역학 해석을 수행하였으며 이를 통하여 구동 토크, 계단 적응 및 주행 안정성 확보를 위한 메커니즘 구동 조건 등을 산출하였다.

#### 후기

본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업 (과제번호: 10032055)의 지원으로 이루어 졌습니다.

#### 참고문헌

1. Hirose, S., "The TAQT Carrier: A Practical Terrain-Adaptive Quadru-Track Carrier Robot," Proceedings of IEEE/RSJ ICIRS, 2068-2073, 1992
2. 이청희, 우춘규, 김한호, 광윤근, "계단 적응에너지 최소화를 위한 T형 트랙 설계," 한국자동차공학회 2000년도 춘계학술대회, 595-600, 2000.
3. 박동일, 임성균, 광윤근, "계단등반을 위한 가변형 단일 트랙 메커니즘 해석," 대한기계학회 2005년도 춘계학술대회, 1325-1330, 2005.
4. Lawn, M., Sakai, T., Kuroiwa, M., Ishimatsu, T., "Development and practical application of a stair-climbing wheelchair in Nagasaki," Int. J. Human-Friendly Welfare Robot. Syst., 33-39, 2001.
5. Kamen, D. L., Ambrogi, J. D., "Control of a balancing personal vehicle," U.S. Patent, 6 443 250, 2002.