

동역학 시뮬레이션을 이용한 전동형 실내이동장치 개발 연구 A Study of Development of an Electric Mobile and Elevating Chair for Indoor using Multibody Dynamic Simulation

*유의식¹, 김종현², 홍재수³, #전경진⁴
*O. S. Yoo¹, J. H. Kim², J. S. Hong³, #K. J. Chun(chun@kitech.re.kr)⁴
^{1,2,3,4} 한국생산기술연구원 실버기술개발단

Key words : Ergonomic Design, Multibody Simulation, Electric Mobile, Indoor

1. 서론

최근 급속한 고령화 추세에 따라 고령친화제품이 다양하게 개발되고 있다. 고령친화제품은 융합형-중급기술(Fusion-Mid Tech)로 고령자의 신체특성, 안전성, 사용성 평가 등의 공통핵심기술이 제품 기술과 융합되어야 완성되는 특성을 가진다^{1,2,3}. 전동형 실내이동장치는 피수발자의 기본적인 생활이 가능하도록 실내에서의 자세유지 및 자립 지원 등을 보조하는 수발자의 신체적, 정신적 부담을 최소화하도록 하는 고령자 및 장애인을 위한 제품이다. 기존의 개발 장치들은 기립지원이 가능한 승강자와 활동을 위한 이동기기로 각각 존재하였다. 그러나 하지 마비환자 또는 거동이 불편한 고령자를 대해서는 상기 두 가지 기능이 모두 요구되므로 이들을 위한 제품이 필요하게 되었다. 이러한 제품의 개발을 위해서는 적절한 모터의 선정, 바퀴의 개수 및 크기, 프레임 구조, 주행 안정성 등에 대한 다양한 설계 변수에 대한 타당성 있는 검토가 필요하다^{4,5}.

근래 컴퓨터 시뮬레이션의 기술발전과 더불어 장치의 특성과 동작의 추이를 미리 점검해 볼 수 있는 동역학 시뮬레이션 기술이 연구 개발에 다양하게 도입되고 있다. 본 연구는 고령친화제품 개발을 위한 인체공학적으로 설계하고, 동역학 시뮬레이션을 통해 설계 변수들에 대해 검토하여, 이를 개발 장치에 반영하였을 때 주행에서의 안정성을 살펴보고자 한다.

2. 실험방법

실내이동장치 개발의 목표는 고령자의 특성을 고려한 의자설계, 차체 프레임의 기구설계, 주행 및 승강 제어부 설계를 통해 Prototype 을 제작하는 데 있다.

고령자의 신체 특성 분석에 대한 파라미터는 의자의 높이, 너비, 깊이, 등받이 높이로 나누어 볼 수 있으며, 분석 내용은 Fig. 1과 같다.

설계 요소(응용원리)	인체치수 측정 그림	인체치수	적용치수
의자 높이 (최소치 설계)		앉은 오금 높이	여자 5%tile 323.5mm
의자 너비 (최대치 설계)		앉은 엉덩이 너비	여자 95%tile 367mm
의자 깊이 (최소치 설계)		앉은 엉덩이 오금 수평길이	여자 5%tile 398.5mm
의자 등받이 (최대치 설계)		앉은 키	남자 95%tile 929.5mm

Fig. 1 Anthropometric Approach on Chair Design

심미적인 요소와 기본적인 안정성 요소를 고려하여 초기 설계안으로 Fig 2와 같이 모델을 작성하였다. 승강의 구동은 볼스크류 방식과 1개의 모터를 사용하였으며, 주행은 4개의 바퀴와 두 개의 모터를 사용하였다. 제품의 구조

설계시 정적 안정성과 주행 안정성이 고려되어야 한다. 선정된 모터의 정격토크는 12.6 N·m 이며, 초기 설계에서 1:30 감속비를 채용하여 모터와 감속기의 효율을 고려하지 않았을 경우, 사용 토크는 378 N·m 까지로 하였다.

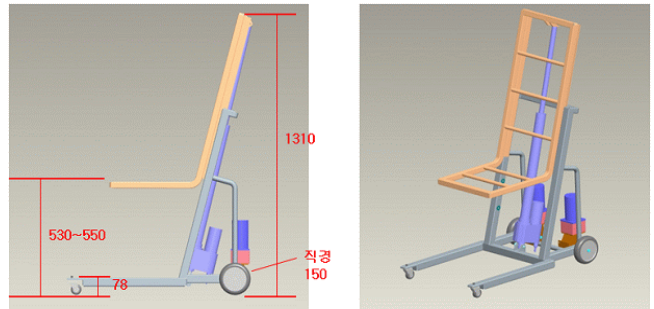


Fig. 2 Draft Design for Frame

정적 안정성은 사용자 위치 중심의 변위에 따른 구동축에서의 발생 모멘트가 주요 변수가 되며, 편중에 의한 각 바퀴의 반력에 의한 결과로 나타나게 된다. 따라서 전도를 일으키는 외력을 충분히 견딜 수 있도록 무게중심과 바퀴의 거리, 사용자가 느끼기에 흔들림이 적도록하는 모든 바퀴에 가해지는 하중의 분배가 적절하도록 설계하여야 한다.

주행 안정성은 시간에 따른 앞바퀴의 반력과 이동경로, 목표한 높이만큼의 단차 극복시의 거동, 마찰력에 의한 영향이 주요하게 작용하는 것으로 판단하였다. 따라서 주행시 두 앞바퀴의 반력 불균형에 의한 편향이 발생하는 문제의 해결, 목표 단차 높이를 극복하기 위한 바퀴의 크기 결정, 마찰력 변화에 따른 주행 조건 설정 등에 초점을 맞춰 설계하여야 한다.

동역학 시뮬레이션은 RecurDyn(FuctionBay, Inc., ver.7R2)를 사용하여 단차, 마찰력을 변수로 설정하여, 이동경로를 확인하거나 각 경우의 토크를 비교하여보았다. 마찰력은 바퀴와 일반 장판의 마찰계수인 0.64, 장판 마찰계수의 규격 기준인 0.50, 욕실에서 습윤 상태의 마찰계수 0.38, 세 가지 경우를 고려하였다. 목표 단차는 최근 아파트 및 요양 시설의 추세를 고려하여 10 mm 로 하였으며, 일반 주택 및 가옥에 사용되는 문틀 중에서 계단형과 슬로프형 두 가지 형상을 고려하여 시뮬레이션에 활용하였다. 제품 개발시 고령자나 장애인의 사용 가능한 최대 하중의 목표는 200 kgf 로 설정하였다.

3. 결과

고령자의 특성을 고려한 의자와 팔걸이의 설계는 문헌 기준과 산업체 규격^{6,7,8}을 고려하여, 남녀 각각 5 % tile 또는 95 % tile 을 사용하여 Table 1과 같은 수치를 적용하였다.

마찰계수에 따라 초기 정지상태 또는 주행상태에서 방향이 틀어질 수 있다. Table 2는 200 kgf 의 하중을 추가할 때와 하지 않았을 때, 시간에 따른 진행방향을 마찰계수 별로 분류한 그래프이다.

또한 동역학 시뮬레이션을 통해 계산된 기동 토크 및

극복 토크를 Table 3에 표시하였다. 단차는 문틀의 계단형과 경사형 두 가지 형상에 대해 각각 높이 10 mm, 20 mm 인 두 경우를 적용하였으며, 극복 순간의 토크를 기록하였다.

Table 1 Suggestion for Design of Chair and Arm

구성 요소	기준	제안치수	기준	제안치수
높이	여성 5%tile - 316.5mm	360mm	팔 길이	50%tile - 235.5mm
	여성 95%tile - 370.5mm	450mm		여성 95%tile - 370.5mm
너비	여성 5%tile - 380mm	380mm	너비	남성 95% - 552mm
	여성 95%tile - 401.5mm			470mm

Table 2 Variation of Front Castor's Direction according to Time

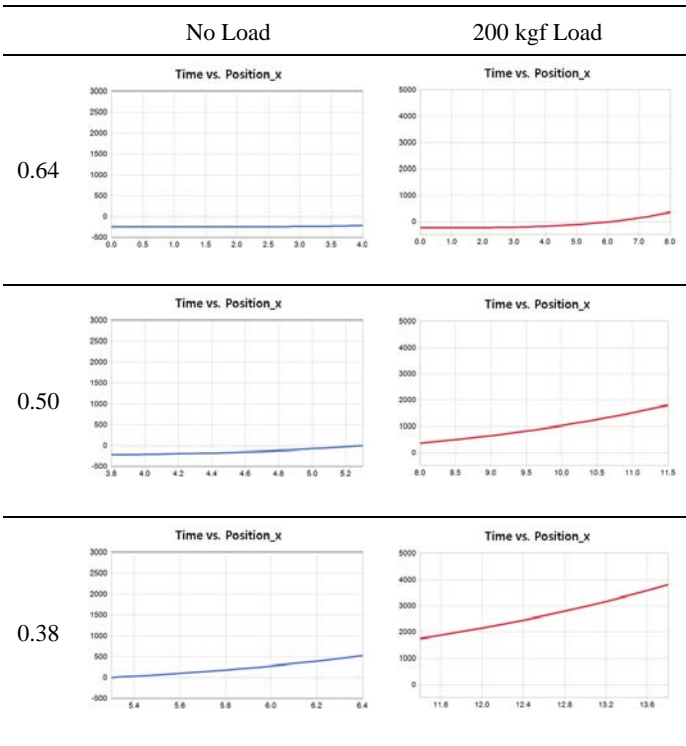


Table 3 Comparison of Torque in Each Case

	평지	계단형 문턱		경사형 문턱	
		10mm	20mm	10mm	20mm
No Load	2.2	10mm: 13.2	20mm: 23	10mm: 13.2	20mm: 23
Load		4.4	10mm: 53	20mm: 극복불가	10mm: 53

상기 결과를 통해 충분한 토크를 내기 위하여 전원을 24V 로 결정하고, 최소 20A 이상의 배터리를 사용하기로 하였다. 또한, 조이스틱을 사용하여 주행모터와 승강포터를 제어하기 위한 시스템은 Fig. 3과 같이 구성하였다.

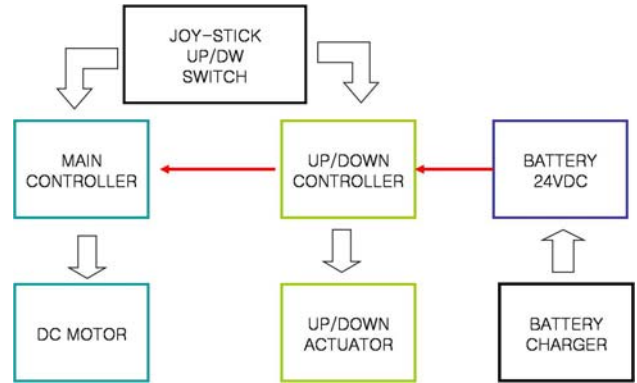


Fig. 4 Block Diagram of Control System

4. 결론

본 연구에서는 고령자의 특성을 고려한 의자의 치수를 결정하고, 제품 개발 및 설계에서 고려하여야 할 변수의 각 조건에 대하여 동역학 시뮬레이션을 사용하여 결과를 예측하여보았다. 추가 하중에 관계없이 마찰계수가 낮을수록 미끄러짐은 크게 발생한다. 하중을 추가로 가하였을 때에는 기동시 좌측으로 방향이 틀어지는 정도가 더 컸다. 단차 극복에 관한 시뮬레이션에서는 계단형과 경사형의 단차 극복 토크가 거의 같음을 알 수 있었으며, 추가 하중이 가했을 경우 약 4배의 토크가 필요한 것으로 나타났다. 추가 하중이 없을 경우 20 mm 높이의 단차도 극복이 가능한 것으로 보이나, 추가 하중이 있을 경우 15 mm 높이 이상은 극복이 불가능한 것으로 나타났다.

본 연구를 통하여 손상된 신체나 노화로 인하여 일상생활의 자립에 어려움이 있는 사람을 위하여 전동방식으로 승강과 실내이동을 지원할 수 있는 장치가 개발되기를 기대한다. 또한, 조속한 추가적인 기술개발과 보급을 통하여 몸이 불편한 이들의 삶의 질 향상이 이루어지길 기대한다.

후기

본 연구는 보건복지부 보건의료기술개발사업(08-HW-1-0001)의 연구비 지원을 받아 수행하였습니다.

참고문헌

1. 유문무, "일본의 실버산업과 한국의 고령친화산업의 전망과 과제", 한국아시아학회, 아시아연구, 8(2), 85-111, 2006.
2. 심상완, "고령화에 대응하는 복지 과학기술", 과학기술연구, 2(2), 145-189, 2002.
3. 전경진, "실버공학 기술개발", 한국정밀공학회지, 21(1), 11-16, 2004.
4. 한형석 외, "유연다물체 동역학을 이용한 자기부상열차 동역학 모델링 연구", 한국철도학회논문집, 9(6), 792-797, 2006.
5. 정훈형 외, "다물체 동역학 시뮬레이션에 의한 구조물의 동적계수 선정에 관한 연구", KSPE Conference, 821-822, 2008.
6. 광원모 외, "사무용 의자의 인간공학적 디자인", 한국디자인학회, 31(12), 73-80, 1999.
7. 박수찬, "사무용 의자의 인간공학적 설계 및 평가에 관한 연구", Thesis, 2003.
8. "한국인의 인체치수조사", <http://sizekorea.ats.go.kr>, 한국기술표준원