

향상된 장애물 극복형 실내 이·승강 전동휠체어의 설계 및 제작

김영필¹, 함헌주², 홍성희³, 고석철^{4*}

¹공주대학교 전기전자제어공학부, ²오토앤로봇, ³마이컴월드, ⁴공주대학교 산학협력단 & 지역산업응용연구소

Design and Manufacture of Improved Obstacle-Overcoming type Indoor Moving and Lifting Electric Wheelchair

Young-Pil Kim¹, Hun-Ju Ham², Sung-Hee Hong³, Seok-Cheol Ko^{4*}

¹Division of Electrical and Electronic Control Engineering, Kongju National University,

²Auto&robot Inc, ³Micomworld, ⁴Industry-University Cooperation Foundation & Regional-Industrial Application
Research Institute, Kongju National University

요약 인구 고령화와 건강 복지에 대한 사회적 관심이 높아지면서 재활복지기를 포함한 실버 및 헬스케어 산업과 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 기존에 1차적으로 설계·제작되었던 이·승강 전동휠체어를 사용자 측면에서 보다 더 안전성과 편의성을 갖도록 개선하고자 하였다. 사용자 체형을 고려한 헤드레스트 높이조절 기능의 시트 디자인, 사용성 증대를 위한 암레스트의 길이조절 및 95° 회전 기능, 사용자 탑승 편의성을 위한 바닥까지의 시트 하강 및 운행 시 승강할 수 있는 기능, 캐스터 회전반경 및 안전성 증대를 위한 발판 추가 및 풋레스트 길이 조절 기능, 승·하강 시 흔들림 방지를 위한 프레임 및 승·하강 링크 설계 등을 개선시켰다. 또한 안전주행을 위한 컨트롤러 및 드라이브 부문과 사용자 편의성 측면의 기능들을 추가적으로 설계·제작하였다. 추가 기능을 보완하여 제작된 실내 전동휠체어의 동작 상태를 평가하기 위해 구동 실험을 수행하였다. 연속 주행시간, 회전반경, 승·하강 최대 하중, 최대 승강 높이, 소음레벨, 운행 보조센서 센싱 최소거리, 서버 및 앱 프로그램 상호연동 및 기기호환성, 듀티 사이클 최대 오차율의 성능 실험을 수행하였다. 실험 결과, 더 개선하여 설계·제작한 전동휠체어는 시험 목표 값을 달성하였으며, 성공적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구로는 개선하여 제작된 이·승강 전동휠체어에 대해 사용자 측면에서의 사용성 평가를 수행할 것이다.

Abstract With an increase in the aging population and a rising social interest in health and welfare, studies to improve healthcare in the elderly are being actively conducted. This study attempted to improve the current design and manufacture of elevating electric wheelchairs to enhance user safety and convenience. Seat design based on the user's body shape, convenience while boarding or alighting, caster turning radius and, safety and stability features that prevent shaking when the user gets up or sits down were improved. A driving experiment was conducted to evaluate the operation of the indoor electric wheelchair designed and manufactured with these additional functionalities. During the test, the performance parameters evaluated were continuous driving time, turning radius, maximum lifting and lowering load, maximum lifting height, noise level, minimum distance sensing by the driving auxiliary sensor, ability to interact with server and app programs, and the duty cycle maximum error rate. The test confirmed that this improved electric wheelchair successfully met target parameters. In a future study, we will evaluate this improved electric wheelchair from a user's perspective for its usability parameters, such as satisfaction, convenience and stability.

Keywords : Rehabilitation Welfare, Elevating, Electric Wheelchair, Safety and Convenience, Elderly

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 광역협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과임.(P0002203)

*Corresponding Author : Seok-Cheol Ko(Kongju National Univ.)

email: suntrac@kongju.ac.kr

Received August 28, 2020

Revised October 8, 2020

Accepted November 6, 2020

Published November 30, 2020

1. 서론

세계적으로 인구 고령화와 건강복지에 대한 사회적 관심이 높아지고 있다. 이와 더불어 노약자 및 장애인들에 대한 관심과 배려가 증가함에 따라 재활복지기를 포함한 실버 및 헬스케어 산업과 관련한 연구들이 활발하게 진행되고 있다[1, 2]. 특히, 노약자 및 장애인을 대상으로 한 실내 전동휠체어에 관련된 다양한 연구들이 진행되고 있다.

전동휠체어의 연구 분야는 크게 설계·제작 기술, 주행 및 안정성 향상기술, 통합 제어기술, 사용성 평가 연구 등으로 분류할 수 있다. 전동휠체어의 설계·제작 기술 분야로는 최소 회전반경 및 장애물 극복형 실내 전동 이·승강 휠체어의 설계[3], 접이식 전동휠체어의 동적 전도해석[4], 고령자를 위한 하이브리드형 전동휠체어의 설계 및 제어[5], 장애인과 보호자를 위한 접이식 전동휠체어 바디 제작[6], 수·전동 휠체어 구동부 시스템 설계[7], 기립 및 보행 보조 휠체어 개발[8], 전동 파워 리프팅 휠체어의 설계 및 제작[9], 지능형 전동휠체어의 설계 및 구현[10]에 관한 연구들이 중점적으로 수행되고 있다. 주행 및 안정성 향상기술 분야로는 주로 낙상이나 슬립 현상을 방지하기 위한 주행 및 제동 안정성, 전동주행 보조기기의 구조적 안정성, 자율주행 안정성 향상 연구가 진행되고 있다[11-13]. 통합 제어기술 분야로는 안정성 향상뿐만 아니라 전체적인 정보관리를 할 수 있는 제어 및 통합 모니터링 시스템, 안전 운행을 위한 지능형 통합 제어, 시트 평형유지를 위한 상호보완 필터 기반의 스마트 제어시스템, 안전성 향상을 위한 센서 기반의 제어시스템, 사용자 구동 의지력에 따른 제어시스템 연구들이 수행되고 있다[14-18]. 그리고 사용성 평가 연구 분야로는 척추 손상 장애인을 위한 전동 휠체어 사용성과 사용자 인터페이스 사례, 실내 주행 및 승강 전동휠체어를 이용하는 고려 여성의 사용성 평가, 기립 보조형 전동 휠체어 개발에 따른 장애인 사용성 평가, 간병인의 전동 휠체어 사용에 대한 만족도 조사 등의 연구들이 진행되고 있다[19-22].

참고문헌 [3]에 기술된 것처럼 저희 연구팀에서는 1차 선형연구로 실내 전동휠체어를 설계·제작하였다. 노약자 및 고령자, 휠체어를 사용해야 하는 일반 환자의 실내이동 및 사용자 환경의 이·승강 편의성과 안전성 부문에서 여전히 개선할 문제점을 갖고 있었다. 주요 문제점으로는 발판이 없어 사용자가 발을 지지할 수 없었으며, 휠체어를 하강시킬 때 시트가 바닥까지 내려오지 않아 휠체어에서 방바닥으로 이동 시 어려움을 가졌다. 시트 승·하강

시 흔들림이 발생하였으며, 암레스트가 고정되어 있어 승·하차 시 불편함을 가졌다. 또한 안전주행을 위한 후방 센서, 조명등, 방향전환 표시등이 없어 사고위험이 있었다. 조이스틱 시인성 및 홈 네트워크 서비스 제공 등의 편의성이 없었다.

이에 본 연구에서는 기존에 1차적으로 설계·제작되었던 이·승강 전동휠체어의 기능을 보다 더 개선하여 성능을 향상시키고자 하였다. 개선된 기능으로는 사용자 체형을 고려한 헤드레스트 높이조절 기능의 시트 디자인, 사용자 증대를 위한 암레스트 길이조정 및 95° 회전 기능, 사용자 탑승 편의성을 위한 바닥까지의 시트 하강 및 운행 시 승강할 수 있는 기능, 캐스터 회전반경 및 안전성 증대를 위한 발판 추가 및 풋레스트 길이 조절 기능, 승·하강 시 흔들림 방지를 위한 프레임 및 승·하강 링크 설계 변경 등 이었다. 또한 안전주행을 위한 컨트롤러 및 드라이브 부문에서는 후방 장애물 감지를 위한 감지센서 적용과 과전류 발생 시 컨트롤러 보호를 위한 차단장치 적용, 야간 주행 및 방향전환 표시를 위한 조명등을 적용하고자 하였다. 편의성 측면에서 조이스틱의 시인성을 높이기 위한 한글 디스플레이 및 아이콘 표시, 서버와의 데이터 송수신을 위한 모듈 적용, 무선 인터페이스를 위한 모듈 적용, 홈 네트워크 서비스 제공을 위한 PCB 설계, 조이스틱에서 가스밸브를 여닫을 수 있는 기능, 콘센트 및 전등제어를 가능하게 하는 온-오프 기능을 추가하고자 하였다.

2. 본론

2.1 개선된 시작품 설계 및 제작

Fig. 1은 거동이 불편한 노약자와 장애인들 스스로 좁은 실내에서 안전하고 편리하게 이동 및 승·하강이 가능하도록 설계된 이·승강 전동휠체어의 기존 모델과 개선된 모델을 보여준다. 전동휠체어의 기본 구조는 프레임, 링크, 시크, 암레스트, 커버, 모터, 감속기, 배터리, 충전기, 센서 및 IoT 기능, 컨트롤러로 구성되어 있다. Fig. 1(a)과 같이 기존 모델에 대한 전동휠체어의 구조 및 부품 사양은 참고문헌 [3]에 자세히 기술되어 있다. Fig. 1(b)과 같이 개선된 사항으로는 시트가 바닥까지 내려오는 구조로 변경하고 발판을 추가하였다. 또한 사용편의를 위한 시트 디자인과 암레스트를 95°로 회전할 수 있도록 설계하였다. 승·하강 링크 및 프레임을 감싸는 외장커버를 설계하였으며, 캐스터 회전반경 및 안전성 증대를 위

한 발판을 설계 변경하였다.

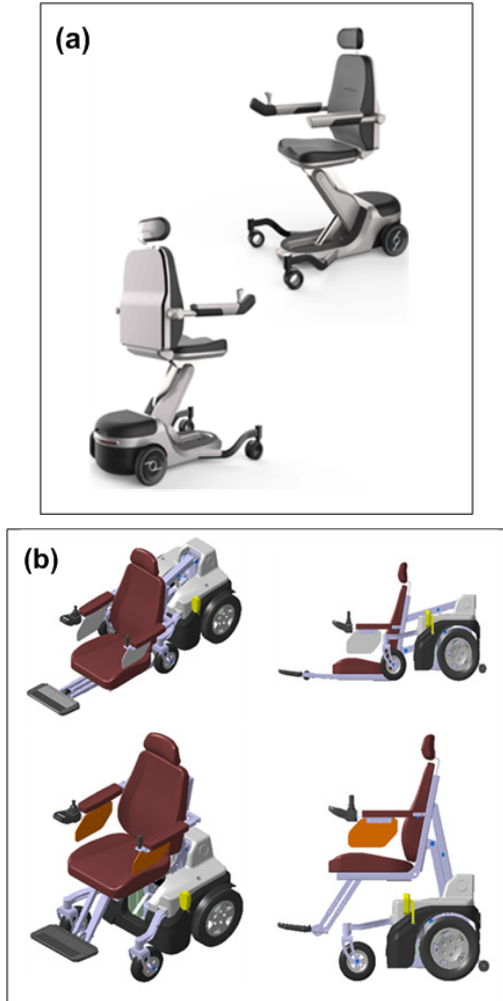


Fig. 1. Design of indoor electric wheelchair prototype
(a) Existing model
(b) Improved model

Fig. 2는 기존 모델에서 성능개선을 추가하여 제작된 실내 전동휠체어의 시작품을 보여준다. 성능을 개선한 사항으로는 시트가 바닥까지 내려오는 구조로 프레임과 승·하강 링크를 변경하였다. 시트 승·하강 시 흔들림 방지를 위해 프레임과 승·하강 링크가 개선되었다. 사용자 운행시 안전성 향상을 위한 발판을 추가하였다. 편의성 향상을 위한 시트 디자인과 승·하차 시 암레스트 디자인을 변경하여 제작하였다. 프레임 및 승·하강 링크를 감싸는 외장커버를 추가하였으며, 회전을 원활하기 위한 전방캐스터 성능을 개선하여 제작하였다.

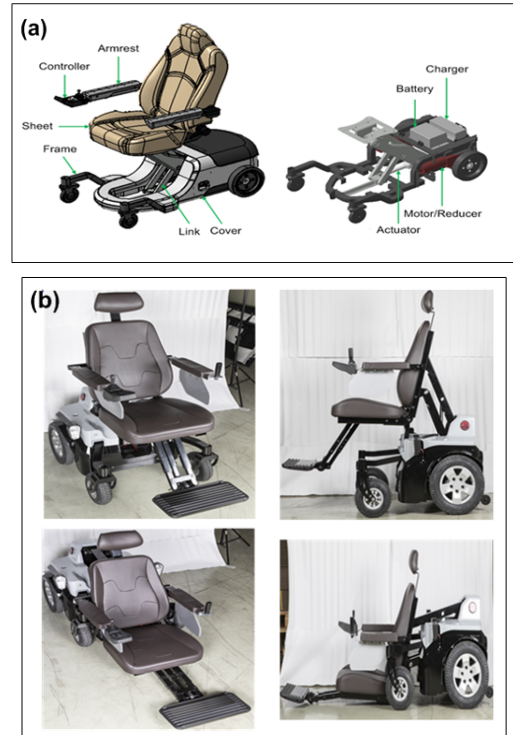


Fig. 2. Manufacture of indoor electric wheelchair prototype
(a) Existing model
(b) Improved model

2.2 제어부 설계

Fig. 3은 메인시스템의 블록도를 나타내고 있다. 구동 조이스틱 제어부 회로와 GLCD를 통하여 현재 상태를 출력한다. 휠체어를 구동시키는데 가장 중요한 전원회로를 설계하고, 조이스틱 제어부 회로를 메인시스템과 서브시스템으로 나누어서 진행하였다. 메인시스템은 조이스틱, GLCD, 스위치 회로를 설계하여 휠체어를 조작하는데 필요한 기능을 수행하도록 하였다. 전원회로는 서브시스템에서 +12V 전압으로 전력을 공급받아 +5V로 변환하여 MCU, 조이스틱, 스위치 등에 전력을 공급하는 기능이다. 조이스틱 회로는 조이스틱이 조작되는 방향을 알기 위한 회로이다. GLCD 회로는 기기의 현재의 상태를 나타내기 위해 128×64 GLCD 출력 회로로 설계하였다. 서브시스템과의 통신회로는 조이스틱, 스위치 조작 등 통신하기 위한 회로이다. 또한 블루투스를 이용하여 홈 네트워크 시스템을 제어하도록 설계하였다.

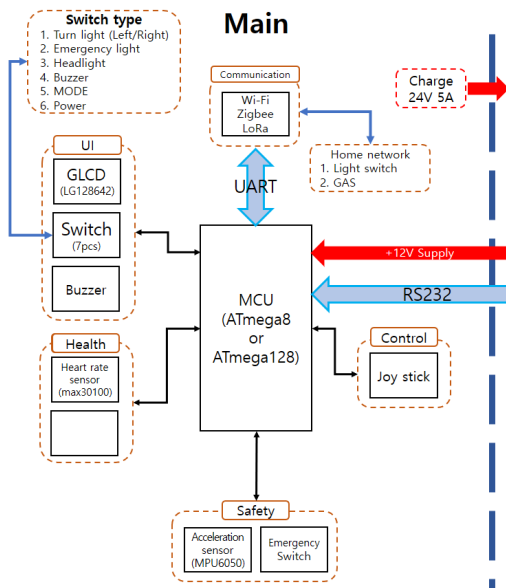


Fig. 3. Main system block diagram

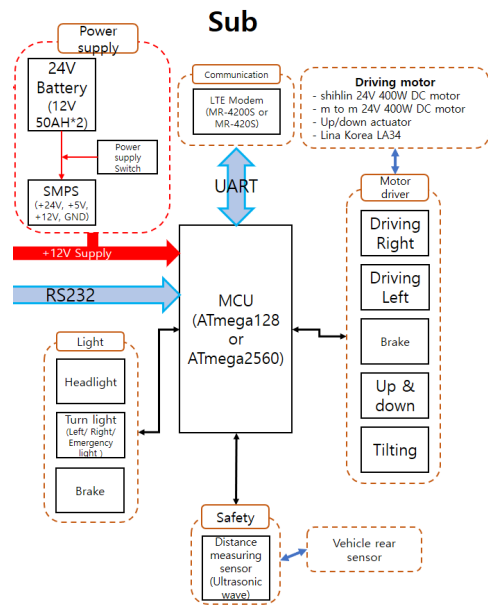


Fig. 4. Sub system block diagram

Fig. 4는 서브시스템의 블록도를 나타내고 있다. 서브 시스템은 전원회로를 설계하고 LTE MODEM을 이용하여 서버에 데이터를 전송한다. 또한 모터드라이버를 설계하여 메인 시스템에서 입력되는 신호로 구동부를 동작시키고 안전주행을 위하여 전조등 및 방향등, 브레이크 등을 설치하고 후방 거리측정센서를 장착하였다. 서브시스템은 모터 드라이버, 기기 전원공급을 위한 전원회로, 서버와의 데이터 통신회로로 구성되었다. 전원회로는 +24V 배터리에서 전력을 공급받아 +12V, +5V로 변환하여 MCU, 거리측정센서 모듈, 모터드라이버, LTE MODEM 등에 전력을 공급하도록 설계하였다. 거리측정센서 모듈 회로는 적외선센서, 레이저센서, 초음파센서로부터 측정된 거리 값을 입력받기 위한 회로이다. LTE MODEM 회로는 서버로 데이터를 전송하기 위한 회로이다. 경광램프 회로는 장애물을 감지하거나 휠체어를 동작할 때 알림을 주기 위한 회로이다. 모터 드라이버 회로는 휠체어를 움직이기 위한 회로이다.

안전주행을 위한 부분별 컨트롤러 및 드라이버를 설계·제작하였다. 후진 시 장애물 감지를 위하여 Fig. 5와 같이 후방 감지센서를 적용하였다. 과전류 발생 시 컨트롤러 보호를 위한 전원차단장치(과전류차단기)를 Fig. 6과 같이 적용하였다. 야간 주행 및 방향전환 표시를 위한 전조등, 방향지시등, 차폭등을 Fig. 7과 같이 설치하였다.



Fig. 5. Application of front obstacle detection driving assistance sensor



Fig. 6. Application of circuit breaker for power off during over current operation



Fig. 7. Application of headlights, turn signals, and car lights when driving at night

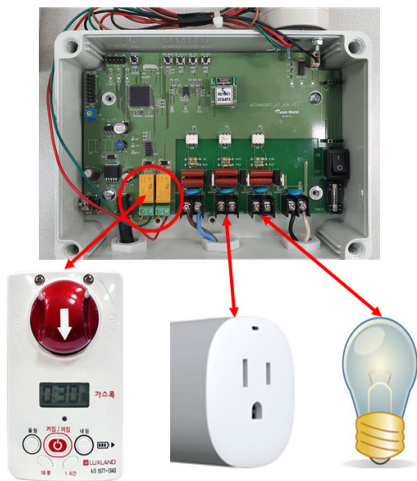


Fig. 8. Home network PCB for gas valve, AC outlet, and light control

조이스틱의 시인성을 높이기 위해서 한글 안내 표시 디스플레이(128*32 FULL GRAPHIC LCD) 및 아이콘으로 현재 작동상황을 표시하였다. 무선 인터페이스 모듈을 적용(LTE MODEM)하여 현재 상태를 서버로 전송하도록 하였다. 블루투스 모듈을 적용하여 홈 네트워크 시스템에 연동시켰다. Fig. 8은 조이스틱에서 가스밸브를 열고 닫을 수 있는 기능과 교류 콘센트 및 전등제어를 가능하게 할 수 있도록 홈 네트워크 연동 PCB를 제작하였다.

2.3 구동 실험

2.3.1 연속 주행시간 실험

전동휠체어의 속도를 측정 후 측정된 속도를 이용하여 Fig. 9와 같은 전용 지그위에서 연속주행을 6시간 이상 시켜 주행시간을 평가하였다. 실제 측정된 결과 주행 속도는 1.11 m/sec이었으며, 연속 주행시간은 6시간 28분이었다.



Fig. 9. Jig and electric wheelchair used to measure continuous travel time

2.3.2 회전반경 실험

정지 후 좌·우 회전을 할 때 돌아가는 쪽의 외측 구동 휠은 정회전을 하고 내측 휠은 역회전을 하면서 Fig. 10과 같이 최소 회전반경을 구현하였다. 줄자를 이용하여 보완된 전동 이·승강 휠체어의 전장을 측정 후 유효 회전반경을 계산하여 원을 그린다음 기준반경 내에서 전동 휠체어가 회전하는지 확인하여 평가하였다. 마킹된 원의 중심과 전동 이·승강 전동휠체어의 뒤 차축의 중심점을 일치시킨 후 양방향으로 3회씩 회전하여 기준 원 내에서 회전이 되는지 확인하였다. 보완된 전동 이·승강 전동휠체어의 전장은 780 mm이었다. 기준반경을 계산한 결과, 전장 + 24%로 975 mm이었으며, 기준반경 내에서 이·승강 전동휠체어가 회전한 원 반경은 975 mm로서 전장 + 25% 이내 이었다.



Fig. 10. Rotation radius of moving and lifting wheelchair

2.3.3 승하강 최대 하중 실험

Fig. 11과 같이 중량 터미를 시트에 올려놓고 시트 하단부를 지면에 밀착한 후 시트를 상하로 3번 반복하여 움직였을 때 전동휠체어가 정상적으로 작동하는지 확인하였다. 1개당 20 Kg 나가는 덤벨 6개를 하나로 묶어서 120.5 Kg을 시트에 올려 승·하강 시험을 3회 진행하였으며, 실험 진행 시 문제가 발견되지 않았다. 실험결과, 승·하강 최대하중은 120.5 Kg 이었다.

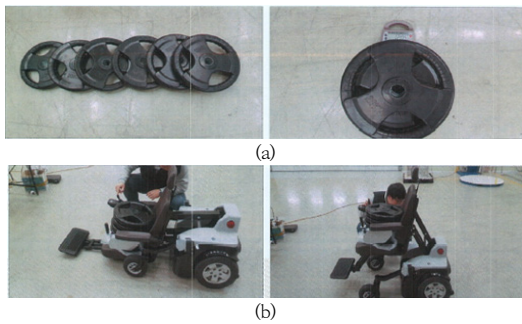


Fig. 11. Maximum load test of lifting and lowering
(a) Dumbbell total weight: 120.5 Kg
(b) Load test of lifting and lowering

2.3.4 최대 승강 높이 실험

최대 승강 높이는 바닥에서 사용자가 탑승 후 상승하는 최대 거리로 전동휠체어의 시트를 최대로 승강시켜 바닥에서부터 시트 높이까지를 측정하였다. 측정결과, 최대 승강높이는 655 mm이었다.



Fig. 12. Maximum lifting height measurement experiment

2.3.5 소음 측정실험

소음은 음압 레벨로 시험하였으며, 측정시험 시 무향실의 크기는 6m×7m×7.5m 이었다, 시험조건은 온도 22.6 ± 2.0℃, 상대습도는 47.2 ± 5.0% R.H, 대기압은 1019 ± 5.0 hPa 이었다. 실험은 Fig. 13과 같이 5 Km/h 속도로 모터를 가동한 상태에서 시료의 사면(앞, 뒤, 좌, 우) 1 m 거리에 마이크로폰을 설치하여 소음을 측정하였다. 전 휠체어 시작품을 동작시킨 후 음압의 overall 값이 ± 2 dB을 벗어나지 않도록 충분히 안정시킨 후 측정을 실시하였다. 측정대상이 되는 음원 외에 방사되는 소음은 방지하고 측정에 영향이 없도록 하였다. Table 1과 같이 시험결과 주행 시 소음 레벨은 최대 43.7 dB이었다.

Table 1. Experiment result

No.	Front(ch.1)	Right(ch.2)	Rear(ch.3)	Left(ch.4)
Test 1	43.7	42.4	42.0	42.1
Test 2	43.5	42.4	42.0	42.3
Test 3	43.6	42.3	42.0	42.1

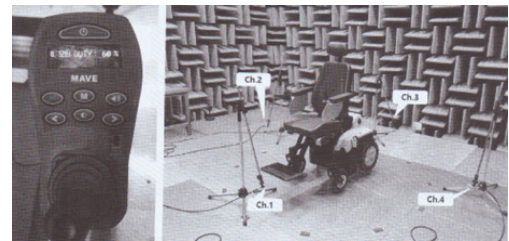


Fig. 13. Noise measurement in an anechoic chamber

2.3.6 운행 보조센서 센싱 최소거리 실험

Fig. 14와 같이 줄자를 운행 보조센서로 부터 바닥에 놓은 후 장애물 더미를 뒤에서 앞으로 10 cm씩 당겨오도록 하였다. 이때 센서가 장애물을 감지하여 표시된 거리와 실제 장애물을 놓은 거리를 확인하여 센싱거리를 측정하였다. 측정은 30~70 cm까지 진행하였다. 장애물 더미는 일반 골판지이며 그 크기는 67×65cm 이었다. 실험 횟수를 10회까지 시행하였으며 실험결과, 운행 보조센서 센싱 최소거리는 0.7 m 이내 이었다.



<Obstacle 67×65 cm>



<Tape measure and measuring method>



<Set the distance to the sensor 70 cm>



<Set the distance to the sensor 60 cm>



<Set the distance to the sensor 50 cm>

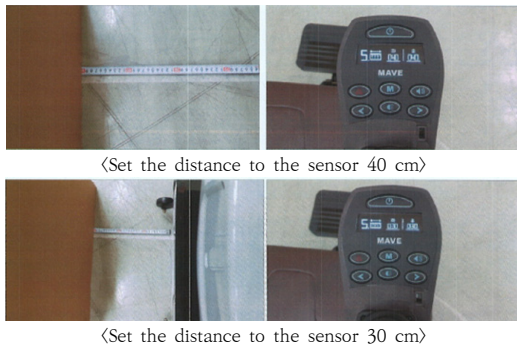


Fig. 14. Sensing minimum distance experiment

2.3.7 기기 호환성 실험

Fig. 15는 전동휠체어 시제품의 상태를 서버로 전송하여 수신율을 측정하는 실험이다. 장비 컨트롤러에서 상태 전송 메뉴에 들어가 조이스틱 버튼을 누르면 전동휠체어의 상태정보가 서버로 전송된다. 이때 전송되는 상태정보는 장비 번호, 버전 정보, 전원, 드라이버 상태, 배터리 충전 상태 및 에러 상태표시로 총 6개이다. 장비에서 서버로 전송시킨 시간과 서버에서 받은 시간 및 전송된 개수를 확인하여 수신율을 측정하였다. 실험은 45분 11초부터 5초 단위로 상태를 전송하였다. 총 31회 전송하였으며, 지정한 모든 장비상태가 누락되지 않고 수신되었다. 따라서 서버 및 앱 프로그램 상호연동과의 기기호환성은 100%를 보였다.



Fig. 15. Equipment state transfer experiment

2.3.8 듀티 사이클 오차율 실험

전동휠체어의 컨트롤러 제어부에서 생성된 PWM 신호를 이용하여 모터를 제어하였다. 제어신호는 컨트롤러의 LCD 화면에서 확인가능하며, 실제 구동부인 모터 드라이브에 공급되는 PWM 파형을 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 컨트롤러에서 표시되는 듀티비와 구동부에서 측정한 PWM 신호의 듀티비를 Fig. 16과 같이 확인하여 오차율을 계산하였다. 제어부의 듀티 사이클을 30%로 설정하였을 때 구동부에서 측정한 듀티비를 Table 2에 나타내었다. 듀티 사이클의 최대 오차율은 6.3%로 측정되었다.



(a)

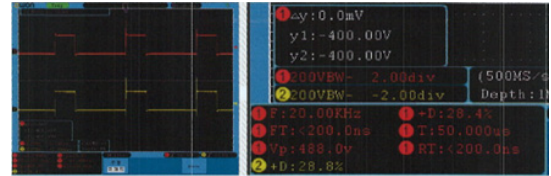


Fig. 16. Duty cycle error rate of control part and drive part

- (a) 30% duty ratio setting on the control panel
- (b) Duty ratio measured at the drive: 28.8%

Table 2. Experiment result

Test No.	Duty ratio measured by the controller(%)	Duty ratio measured by the drive unit(%)	Error rate (%)
1	30	28.4	5.3
2		28.8	4.0
3		28.5	5.0
4		28.8	4.0
5		28.4	5.3
6		28.4	5.3
7		28.4	5.3
8		28.1	6.3
9		28.4	5.3
10		28.8	4.0
11		28.4	5.3
		Maximum	6.3

2.5 고찰

본 연구에서는 기존에 선행연구로 수행된 장애물 극복형 실내 주행 및 승강 전동휠체어[3]의 기능을 보다 더 개선하여 성능을 향상시키고자 하였다. 서론에서 제시한 기존 모델이 가지고 있는 문제점을 해결하기 위해 다음과 같이 개선하였다. 개선된 사항으로는 사용자 체형을 고려하여 헤드레스트 높이조절 기능의 시트 디자인을 적용시켰다. 암레스트 길이조정 및 95° 회전 기능을 추가하여 사용성을 증대시켰으며, 바닥까지 시트 하강 및 운행 시 승강할 수 있는 기능을 추가하여 사용자 탑승 편의성을 높였다. 캐스터 회전반경 및 팔받 추가, 풋레스트 길이 조절 기능, 승·하강 시 흔들림 방지를 위한 프레임 및 승·하강 링크 설계 변경 등으로 안전성을 보강하였다. 또한, 후방 장애물 감지센서와 컨트롤러 보호 차단장치, 조명등을 적용하여 안전주행을 강화할 수 있도록 컨트롤러 및 드

라이브 부문을 개선하였다. 편의성 측면에서 조이스틱의 시인성을 높이기 위한 한글 디스플레이 및 아이콘 표시를 적용하였다. 서버와의 데이터 송수신을 위한 모뎀 적용, 무선 인터페이스를 위한 모듈 적용, 홈 네트워크 서비스 제공을 위한 PCB 설계, 조이스틱에서 가스밸브를 여닫을 수 있는 기능, 콘센트 및 전등제어를 가능하게 하는 온-오프 기능을 추가하였다.

기존 모델과 개선된 전동휠체어의 성능평가를 Table 3과 같이 상호 비교하였다. 8개 항목을 비교한 결과, 기존 모델에 비해 성능이 향상되었다. 다만 승·하강 최대 하중 항목은 기존 모델에서는 액추에이터 최대부하를 실험하였기 때문에 개선된 모델과 비교할 수 없었다. 서버 및 앱 프로그램 상호연동과의 기기호환성 성능은 기존 모델과 개선된 모델에서 모두 우수성을 보였다.

Table 3. Performance comparison

Performance specification	Existing model	Improved model
Minimum rotation radius	Overall length+30%	Overall length+24%
Maximum load of lifting and lowering	-	120 Kg
Sensing minimum distance	1 m	0.7 m
Equipment state transfer	100%	100%
Maximm lifting height measurement	650 mm	655 mm
Duty cycle maximum error	4.3%	6.3%
Continuous travel time	6h 8min	6h 28min
Noise measurement	54.2 dB	43.7 dB

3. 결론

본 연구에서는 기존에 설계·제작한 실내 전동휠체어의 기능을 보다 더 개선시켰다. 운행 시 안전성 향상을 위해 발판을 추가 설계·제작하였다. 시트 승·하강 시 흔들림을 방지하기 위한 프레임과 승·하강 링크를 개선하였다. 전동휠체어의 회전을 원활하기 위해 전방캐스터 성능을 개선하여 설계·제작하였다. 또한 제어부문에서도 전동휠체어의 안전성과 편의성을 더 보완한 부문별 컨트롤러 및 드라이버, 전조등, 방향지시등, 차폭등, 장애물 감지센서, 한글 안내 표시 디스플레이, 홈 네트워크 기능 등을 추가적으로 설계·제작하였다.

더욱 보완하여 제작된 실내 전동휠체어의 동작 상태를 평가하기 위해 구동실험을 수행하였다. 연속 주행시간은

6시간 28분(주행속도 1.11 m/s) 이었으며, 회전반경은 전장+25% 이내 이었다. 승·하강 최대하중은 120.5 Kg 이었으며, 최대 승강 높이는 655 mm이었다. 또한 실내 전동휠체어 주행 시 소음레벨은 최대 43.7 dB이었으며, 운행 보조센서 센싱 최소거리는 0.7 m 이내, 서버 및 앱 프로그램 상호연동 및 기기호환성은 100%, 듀티 사이클의 최대 오차율은 6.3%로 확인되었다. 구동실험 결과, 더 보완하여 설계·제작한 전동휠체어는 시험 목표 값을 달성하였으며, 성공적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

References

- [1] W. K. Song, "Prospects of rehabilitation welfare devices: based on assistive and robotic devices", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol.9, No.1, pp.1-9, February 2015. <https://www.riss.kr/link?id=A100504421>
- [2] C. Xing, H. C. Lee, K. S. Cho, "The research of disapproval in silver products - testified via electric wheelchair", *Science of Emotion & Sensibility*, Vol.13, No.2, pp.317-326, June 2010. <http://kiss.kstudy.com/thesis/thesis-view.asp?key=2852659>
- [3] Y. P. Kim, H. J. Ham, S. H. Hong, S. C. Ko, "Design of indoor electric moving and lifting wheelchair with minimum rotation radius and obstacle overcoming", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.20, No.10, pp.415-424, October 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.10.415>
- [4] D. J. Jang, Y. C. Kim, S. K. Kim, M. S. Mun, J. C. Park, "Study on dynamic tip-over analysis of foldable electric wheelchair", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol.10, No.2, pp.133-139, May 2016. DOI: <https://doi.org/10.21288/resko.2016.10.2.133>
- [5] T. S. Yoon, S. J. Ann, S. M. Kim, Y. B. Han, J. Y. Kim, "Design and control of hybrid a powered wheelchair for the elderly", *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers*, Vol.40, No.12, pp.81067-1076, Oct. 2016. <http://www.riss.kr/link?id=A102315937>
- [6] H. W. Jung, J. J. Yoo, D. H. Lee, "Making of foldable electronic wheelchair body for the disabled and their guardians", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol.8, No.2, pp.89-94, May 2014. <http://www.riss.kr/link?id=A100037021>
- [7] J. N. Kim, "Design of electric automatic manual wheelchair driving system", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.14,

- No.11, pp.5392-5395, December 2013.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.11.5392>
- [8] C. Y. Song, H. J. Yoon, C. Lee, "Development of standing and gait assistive wheelchair", *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, Vol.22, No.3, pp.587-592, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.7735/ksmte.2013.22.3.587>
- [9] J. H. Jo, "A study on designing and making power lifting wheelchair", *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, Vol.12, No.3, pp.133-139, June 2010.
DOI: <https://doi.org/10.17958/ksmt.12.3.201009.133>
- [10] J. M. Kang, S. I. Kang, J. H. Kim, H. S. Ryu, G. H. Kim, S. B. Lee, "The design & implementation of intelligent motorized wheelchair", *Proceeding of KFIS 2002 Spring Conference*, pp.10-13, May 2002.
<http://ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearch/ResultDetail.do?cn=NPAP08067105>
- [11] B. M. Kim, "A Study of the slip controller for indoor driving stability of motorized wheelchair", *Master's Thesis, Kore Polytechnic University School*, February 2015. <http://www.riss.kr/link?id=T13665675>
- [12] H. W. Seo, D. d. Kim, C. W. Ko, J. H. Lee, T. S. Bae, "Structural stability analysis of connectors for an electric handbike", *Journal of Korean Society for Precision Engineering*, Vol.32, No.5, pp.491-496, May 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7736/KSPE.2015.32.5.491>
- [13] L. K. Lee, S. Y. Oh, "Development of smart wheelchair system and navigation technology for stable driving performance in indoor-outdoor environments", *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Vol.52, No.7, pp.153-161, July 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5573/ieie.2015.52.7.153>
- [14] K. H. Jo, S. H. Jung, J. S. Park, S. H. Yoo, C. B. Sim, "A frame stress and integration monitoring system based on continuous track type for multipurpose application of electric wheelchair", *Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, Vol.13, No.5, pp.1135-1144, October 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.13067/KIECS.2018.13.5.1135>
- [15] J. S. Kim, Y. B. Cho, "Research of smart integrated control board function improvement for personal electric wheelchair's safe driving", *Journal of Digital Contents Society*, Vol.19, No.8, pp.1507-1514, August 2018.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2018.19.8.1507>
- [16] S. H. Park, J. S. Kim, "Optimal power maintain of electric wheelchair by using applying complementary filter on the smart control system", *Journal of Digital Contents Society*, Vol.16, No.3, pp.355-363, June 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2015.16.3.355>
- [17] J. D. Kim, "Research on the sensor-based system for improving the safety of electric wheelchair", *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol.10, No.1, pp.137-143, February 2015.
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART001965221>
- [18] J. S. Kong, B. H. Lee, "Development of the driving-will control system for a power-assisted electric wheelchair", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.13, No.3, pp.1296-1301, March 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.3.1296>
- [19] J. H. Kim, O. S. Kweon, J. H. Kim, "A case study on the usability and user interface of power wheelchair for people with spinal cord injuries", *Journal of the Korean Society of Design Culture*, Vol.24, No.3, pp.125-135, September 2018.
<https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART002388323>
- [20] Y. P. Kim, J. S. Hong, H. J. Ham, S. H. Hong, S. C. Ko, "Usability study of the elderly women using indoor driving and elevating electric wheelchairs", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, Vol.21, No.7, pp.419-427, July 2020.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.7.419>
- [21] K. M. Rhee, D. O. Kim, C. W. Hwangbo, "A study on the usability test of people with disabilities according to the development of powered wheelchair of standing support type", *Journal of Rehabilitation Research*, Vol.16, No.3, pp.211-233, March 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.16884/JRR.2016.20.1.211>
- [22] J. A. Lee, B. S. Lee, H. Choi, S. M. Yoo, S. P. Yang, J. H. Bae, H. R. Pak, "An investigation of caretakers needs for changes in electric wheelchairs", *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol.10, No.3, pp.177-184, August 2016.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21288/resko.2016.10.3.177>

김 영 필(Young-Pil Kim)

[정회원]



- 2014년 2월 : 공주대학교 전기전자제어공학부 (공학사)
- 2016년 2월 : 공주대학교 공주대학원 전기전자제어공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 공주대학원 전기전자제어공학과 박사 과정

<관심분야>

이차전지, 전력전자, 배터리 BMS

함 헌 주(Hun-Ju Ham)

[정회원]



- 2012년 8월 : 한국방송통신대학교 경영학과 (경영학사)
- 2016년 2월 : 호서대학교 호서대학원 나노바이오트로닉스 (공학석사)
- 2003년 7월 ~ 2015년 8월 : ㈜마노 기술연구소 소장
- 2015년 9월 ~현재 : ㈜오토앤로봇 대표이사

<관심분야>

기술경영, 친환경 자동차부품, 자동화기기, 로봇기술

홍 성 희(Sung-Hee Hong)

[정회원]



- 1995년 2월 : 경남대학교 전자공학과 (공학사)
- 2016년 2월 : 홍익대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 홍익대학교 전기공학과 박사과정

<관심분야>

정보통신, 마이크로프로세서 자동제어, 펌웨어개발

고 석 철(Seok-Cheol Ko)

[정회원]



- 2002년 2월 : 전북대학교 전북대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2005년 2월 : 전북대학교 전북대학원 전기공학과 (공학박사)
- 1996년 1월 ~ 1998년 3월 : 타타 대우상용차 사원

• 2005년 1월 ~ 2008년 3월 : 전남TP 정책기획단 책임연구원

• 2008년 3월 ~ 2012년 1월 : 충남TP 정책기획단 팀장

• 2012년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 산학협력단 교수

<관심분야>

초전도한류기, 배선설비, 충전설비, 전력전자, 자계해석