

최소 회전반경 및 장애물 극복형 실내 전동 이·승강 휠체어의 설계

김영필¹, 함헌주², 홍성희³, 고석철^{4*}

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

Design of Indoor Electric Moving and Lifting Wheelchair with Minimum Rotation Radius and Obstacle Overcoming

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, Kongju National University

요 약 최근 고령인구의 증가로 인해 실내·외에서 고령자들이 편리하게 생활할 수 있는 다양한 재활복지기기에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 논문에서는 거동이 불편한 노인 또는 장애인들 스스로가 좁은 실내에서 안전하고 편리하게 이동과 이송이 가능하도록 최소 회전반경과 문턱 극복을 포함하여 설계·제작하였다. 좌식문화가 발전한 실내 환경에서 골절질환, 노인질환 및 기타 무릎, 허리질환을 가진 사용자의 이송 편의성을 제공하고자 하였다. 먼저 실내에서 이·승강이 가능하도록 프레임에 기본적으로 링크, 시트, 암레스트, 커버, 모터, 감속기, 배터리, 충전기, 센서, 컨트롤러 기구물 등을 부착하였다. 사용자의 환경과 신체적 특징을 고려하여 제품 디자인과 구조물을 설계하였으며, 고령자 또는 장애인이 실내에서 일상생활을 지원할 수 있도록 IoT 기능을 추가하였다. 제작된 실내 이·승강 휠체어의 동작성능을 확인하기 위해 구동실험을 수행하였다. 연속 주행시간, 회전반경, 액추에이터 최대부하, 최대 승강 높이, 음압레벨, 운행 보조센서 센싱 최소거리, 서버 및 앱 프로그램 상호 연동과 기기호환성, 듀티 사이클 오차율 시험성능 테스트를 수행하였다. 시험 결과, 제작된 휠체어는 각 항목의 성능시험 목표 값을 달성하였으며, 성공적으로 작동하는 것으로 나타났다.

Abstract In this paper, a minimum rotation radius was designed and fabricated to overcome the threshold so that elderly or disabled people who have difficulty moving can move and transfer safely and conveniently in a narrow room. In the indoor environment, where the sedentary culture develops, this study aimed to provide convenience for passengers with fracture diseases, geriatric diseases, and other knee and waist diseases. First, links, seats, armrests, covers, motors, batteries, chargers, controllers, etc. were attached to the frame so that they could be moved and lifted indoors. The product design and structure were designed considering the user's environment and physical characteristics, and IoT functions were added. A driving experiment was performed to confirm the operating performance of the manufactured indoor moving and lifting wheelchair. The performance tests, such as continuous running time, turning radius, maximum actuator load, maximum lift height, sound pressure level, minimum sensing distance of the driving aid sensor, interworking of server and app programs, device compatibility, and duty cycle error rate, were performed. As a result of the test, the built-in wheelchair could achieve the performance test target of each item and operate successfully.

Keywords : Minimum Radius, Indoor Moving and Lifting, Wheelchair, IoT, Elderly

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 지원하는 광역협력권산업 육성사업으로 수행된 연구결과임.(P006100103)

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

email: suntrac@kongju.ac.kr

Received August 23, 2019

Revised September 26, 2019

Accepted October 4, 2019

Published October 31, 2019

1. 서론

대한민국은 2000년도에 65세 이상인 고령자 인구가 전체인구의 7.3%에 도달하는 고령화 사회로 진입하였다. 2020년에는 15.6%에 도달하는 고령 사회로, 2030년에는 24.3%가 넘는 초고령 사회로 진입할 것으로 전망하고 있다[1]. 이처럼 고령화에 따른 일상 생활지원 및 실버산업이 유망 분야로 각광 받을 것으로 전망하고 있다. 유망 분야 중 신체 노화나 각종 질병으로 인한 고령자들이 실내·외 이동을 편리하게 도울 수 있는 재활복지기기 개발이 필요한 시점이다[2].

전동휠체어를 포함한 재활복지기기 개발과 관련된 선행연구로는 리프팅 방식을 채택한 경제성이 제고된 휠체어 개발 연구와 전동식 기립 및 보행보조 휠체어 개발에 관한 연구가 수행되었다[3,4]. 장애자의 여러 잔존 신체 기능에 최대한으로 적응시킬 수 있는 다기능 전동 휠체어 구현[5]과 수·전동 휠체어 구동부 시스템 설계[6], 차량에 탑재하기 용이한 수·전동 전환가능 접이식 휠체어 개발[7,8]과 동적 전도해석 연구[9]가 진행되었다. 또한, 고령자들이나 편측마비 환자들이 운동을 병행할 수 있는 하이브리드 전동 휠체어 개발 연구가 진행되었다[10]. 기존의 개발된 휠체어들은 주로 실외에서 이동 및 보행을 위한 용도와 근력운동을 병행할 수 있는 재활 목적으로 설계되었으나, 본 휠체어는 실내에서 사용할 수 있도록 설계했다는 점에서 차이가 있다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 거동이 불편한 노인들 또는 장애인들이 실내에서 안전하고 편리하게 이·승강을 간편하게 할 수 있도록 기립지원이 가능한 전동휠체어를 개발하고자, 기존의 개발된 휠체어들과 차별성을 두었다. 거동이 불편한 노인들 또는 장애인들 스스로 좁은 실내에서 안전하고 편리하게 이·승강이 가능할 수 있도록 최소 회전반경과 문턱극복을 포함한 이·승강 기술을 확보하고자 하였다. 실내에서 이·승강이 가능하도록 프레임에 기본적으로 링크, 시트, 암레스트, 커버, 모터, 감속기, 배터리, 충전기, 센서 및 IoT 기능, 컨트롤러 기구물 등을 부착하고 각 기능들을 최적으로 설계하였다. 또한, 사용자 환경 및 신체적 특징을 고려한 제품 디자인과 구조설계로 고령자 또는 장애인들의 실내 일상 생활지원용 전동식 승강, 이동 보조기기 기술개발을 목적으로 진행되었다.

2. 기구 메커니즘 설계

2.1 제품 구조 및 사양

Fig. 1은 거동이 불편한 노인들과 장애인들 스스로 좁은 실내에서 안전하고 편리하게 이동 및 이·승강이 가능하도록 최소 회전반경과 문턱극복을 포함한 전동 이·승강 휠체어의 구조를 보여준다. Table 1은 실내 전동 이·승강 휠체어의 각 부품 사양을 나타낸다.

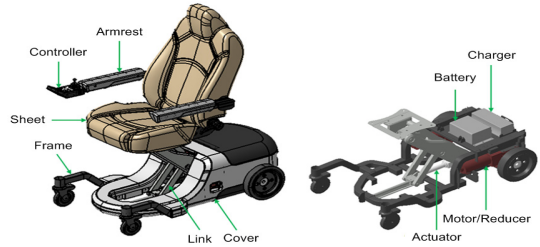


Fig. 1. Structure of indoor motorized moving and lifting wheelchair

Table 1. Specification of indoor motorized moving and lifting wheelchair

Spec.	Material
Frame	SS400
Link	Al
Sheet	SS400, PU foam
Armrest	SS400, Al
Cover	ABS
Motor	DC 24V, 3000rpm, 3.4 kgf/cm(torque)
Reduction ratio	50:1
Battery	Lithium ion battery, DC 25.2V, 17 AH
Sensor	Obstacle sensor, Rear flexible LED

2.2 프레임 및 링크

프레임은 기본적으로 사각파이프(40×40)를 사용하여 Fig. 2와 같이 용접구조물로 설계하였다. 시트를 올리고 내릴 때 사용되는 링크를 고정하는 부분에 베어링 홀드

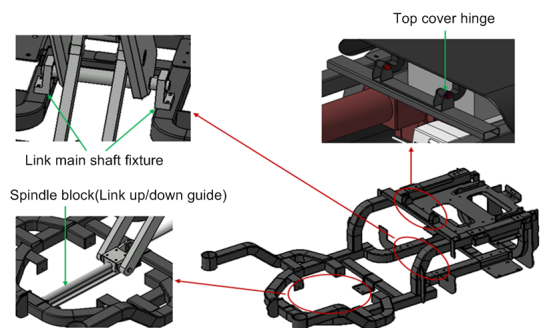


Fig. 2. Structure of frame (1)

세트를 사용하여 메인샤프트를 고정할 수 있게 하였다. 링크 승·하강 시에 가이드 역할을 하는 스프링 블록을 고정하는 브래킷을 만들어서 용접하였다. 그리고 상부 배터리와 충전기가 있는 위치에 열고 닫을 수 있는 구조로 덮개를 고정하는 힌지를 적용하였다.

Fig. 3과 같이 배터리와 충전기를 고정하는 고정판은 벤딩하여 프레임에 볼트로 체결할 수 있게 하였다. 모터와 감속기는 별도의 브래킷에 볼트와 너트로 먼저 체결한 다음에 프레임에 볼트로 고정하는 방식으로 설계하였다. 시트의 승·하강에 사용될 액추에이터는 인스톨거리에 맞추어서 브래킷을 프레임에 용접하고 핀으로 조립하는 유형으로 설계하였다.

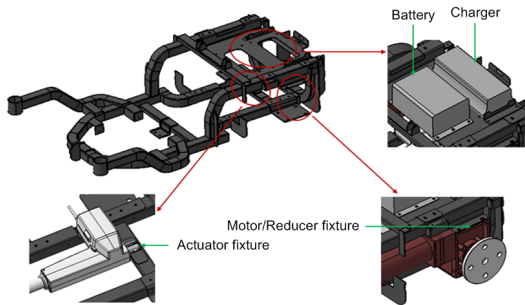


Fig. 3. Structure of frame (2)

시트의 승·하강에 사용되는 링크의 기본적인 작동은 전동 액추에이터를 통해서 이루어지도록 설계하였다. Fig. 4와 같이 액추에이터가 앞으로 밀려나올 때 끝단에 고정된 링크구조가 스프링 블록 가이드를 타고 움직이면서 시트고정부가 상하로 이동하는 구조로 되어있다. 액추에이터의 실린더가 앞으로 밀려나올 때 시트가 아래로 내려오고, 실린더가 뒤로 당겨질 때 시트가 위로 올라가는 구조로 설계하였다.

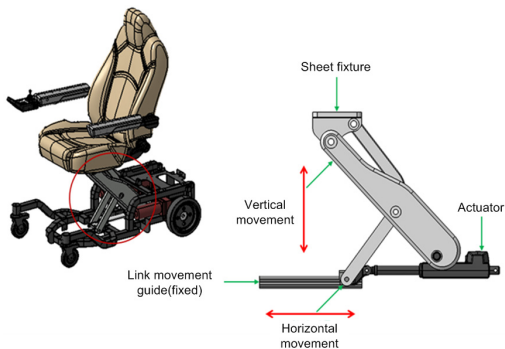


Fig. 4. Structure of link

2.3 시트 및 암레스트

시트의 설계는 Fig. 5와 같이 기본 골격이 되는 프레임용 용접구조물로 제작하고, PU발포로 시트 폼의 형태를 만들어서 프레임에 올려놓고 커버링을 하는 방식으로 설계하였다. 기존의 휠체어의 심플한 디자인 보다는 안락함과 편안함을 위해서 시트커버링 내부 폼(PU발포)을 두 겹게 하였다. Fig. 6과 같이 기본적으로 수직상태에서 45도 뒤로 리클라이닝이 가능한 구조로 설계하였다.

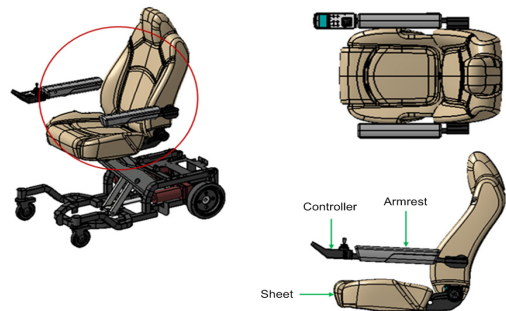


Fig. 5. Sheet structure

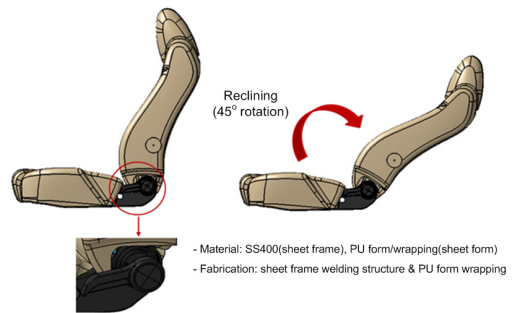


Fig. 6. Structure of sheet reclining

시트에 조립되는 암레스트(팔걸이)는 알루미늄을 가공하여 Fig. 7과 같이 제작하였다. 고정하는 부분은 사각파이프를 이용하여 시트프레임에 용접하는 방식으로 설계하였다. 내부 사각파이프는 2중 구조로 되어 있어 암레스트

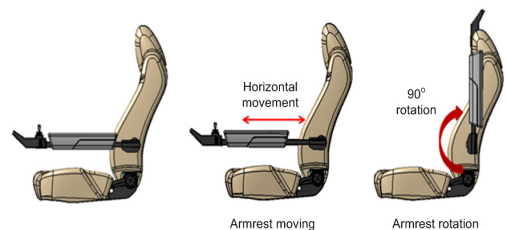


Fig. 7. Armrest structure

트가 앞으로 이동이 가능하다. 또한 사용자가 시트에 오르고 내릴 때 편의를 위해서 암레스트를 위로 90도 회전 이 가능하게 설계하였다.

2.4 커버

Fig. 8과 같이 커버는 프레임과 링크구조물을 감싸는 외장커버이다. 커버를 조립하고 난 다음에 프레임에 볼트로 고정하는 구조로 되어있다. CNC가공으로 제작하는데 제일 긴 바디 같은 경우는 1m가 넘기 때문에 전체를 한 번에 가공하기 어려워 분할해서 가공한 다음에 접착하여 완성하는 방식이다.

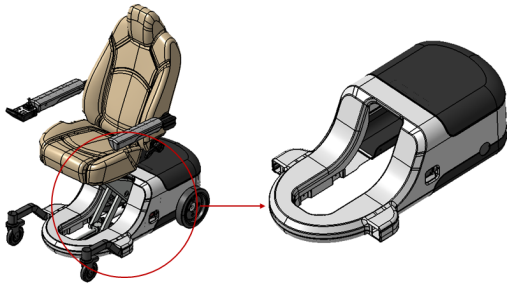


Fig. 8. Cover structure

커버는 4개 파트로 구성되어 있으며, 상판과 같은 경우는 열고 닫을 수 있게 힌지로 되어 있다. 후방에는 시제품이 작동중임을 알려주는 Flexible LED를 고정할 수 있게 브래킷을 장착하는 부분이 있다.

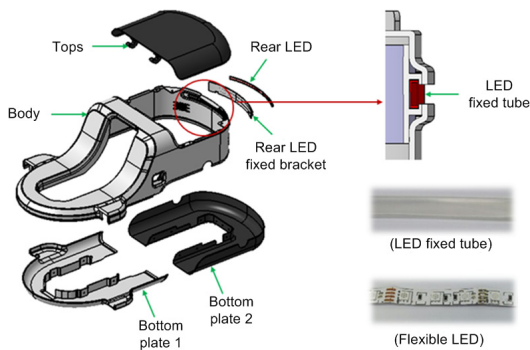


Fig. 9. Detailed cover structure

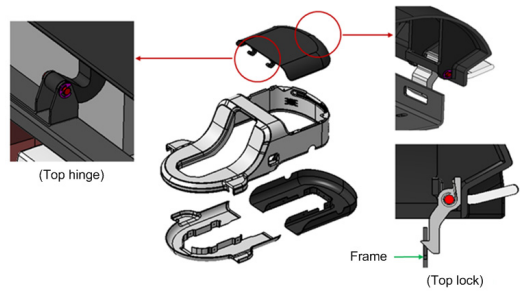


Fig. 10. Cover hinges and locks

3. 전장부 설계

3.1 구동부

Fig. 11은 구동부 구조를 보여주고 있다. 바퀴는 뒷바퀴 10인치 휠에 앞바퀴 5인치 캐스터를 적용하였다. 모터는 DC 24V, 3000 rpm, 3.4 kg·f·cm(Torque)이며, 감속비가 50:1인 감속기를 사용하였다. 배터리 사양은 리튬이온전지로 출력 DC 25.2 V, 충전용량 17.0 AH이고, 충전기는 리튬이온전지 충전기를 사용하였다. 시트의 승·하강에는 전동 액추에이터를 적용하였다.

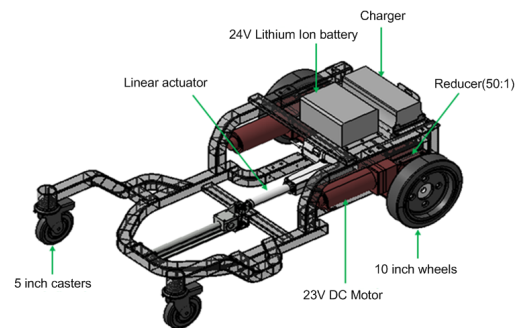


Fig. 11. Drive structure

3.2 컨트롤러 기구물

Fig. 12와 같이 외장케이스는 CNC가공으로 제작하였으며, 상판의 스위치 및 버튼자리는 멤브레인 스티커를 제작하여 붙이는 유형을 적용하여 외부로 노출이 되지 않는 방식으로 하였다. 암레스트 고정 브래킷 끝단에 볼트로 고정할 수 있는 구조로 되어 있다.

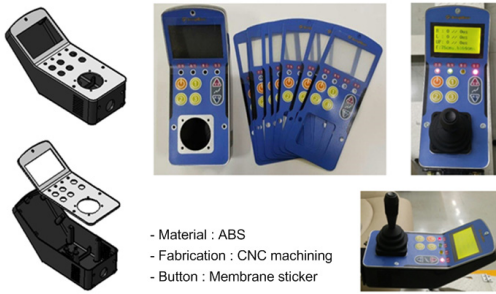


Fig. 12. Structure of controller mechanism

3.3 장애물 감지센서 및 후방 LED

운행 중 안전성을 위해서 Fig. 13과 같이 장애물을 감지하는 센서를 앞뒤에 장착하였다. 또한, Fig. 14와 같이 이·승강 휠체어의 작동 상태를 알려주는 후방 LED를 설치하였다.

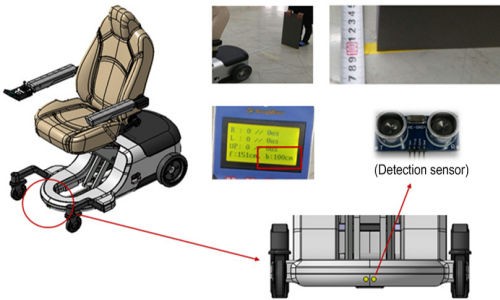


Fig. 13. Detection sensor mounting structure

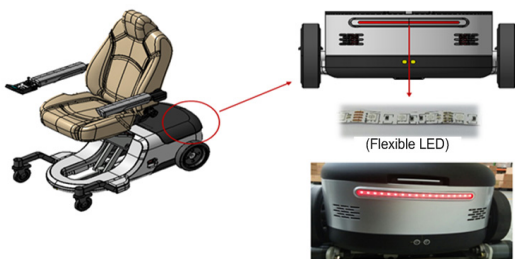


Fig. 14. Rear LED mounting structure

3.4 제어부 설계

Fig. 15는 메인시스템의 블록도를 나타내고 있다. 구동 조이스틱 제어부 회로와 GLCD를 통하여 현재 상태를 출력한다. 휠체어를 구동시키는데 가장 중요한 전원회로를 설계하고, 조이스틱 제어부 회로를 개발하기 위해 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. GLCD회로는 기기의 현재의 상태를 표현하기 위해 128×64 GLCD 출력 회로로 설계하였다. 서브시스템과의 통신회로는 조이스틱, 스위치 조작 등 통신하기 위한 회로이다.

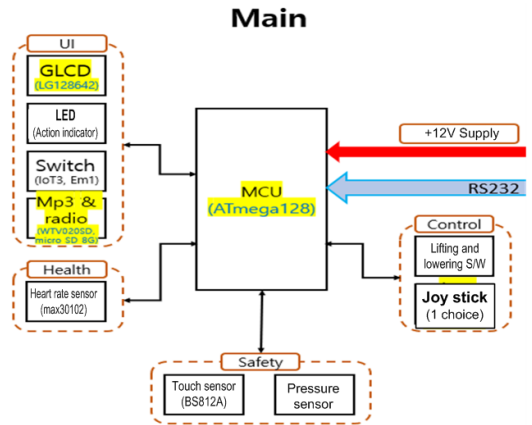


Fig. 15. Main system block diagram

Fig. 16은 서브시스템의 블록도를 나타내고 있다. 서브시스템은 전원회로를 설계하고 LTE MODEM을 이용하여 서버에 데이터를 전송한다. 또한 모터드라이버를 설계하여 메인 시스템에서 입력되는 신호로 구동부를 동작

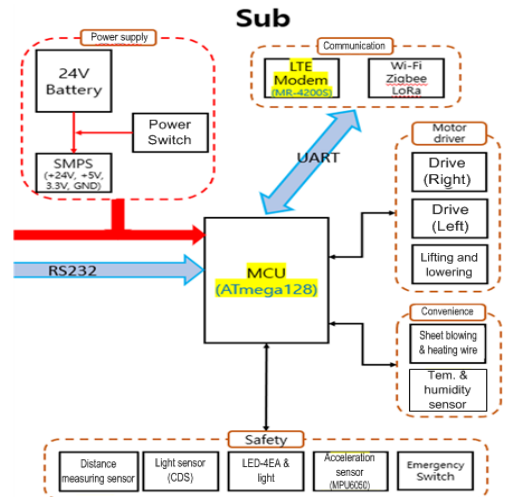


Fig. 16. Sub system block diagram

시키고 안전주행을 위하여 거리측정센서를 장착하였다. 서브시스템은 모터 드라이버, 기기 전원공급을 위한 전원 회로, 서버와의 데이터 통신회로로 구성된다. 전원회로는 +24V 리튬이온 배터리에서 전력을 공급받아 +12V, +5V로 변환하여 MCU, 거리측정센서 모듈, 모터드라이버, LTE MODEM 등에 전력을 공급한다. 거리측정센서 모듈 회로는 적외선센서, 레이저센서, 초음파센서로 부터 측정된 거리 값을 입력받기 위한 회로이다. LTE MODEM 회로는 서버로 데이터를 전송하기 위한 회로이다. 경광램프 회로는 장애물감지 시 또는 휠체어가 동작할 때 알림을 주기 위한 회로이다. 모터 드라이버 회로는 휠체어를 움직이기 위한 회로이다.

안전주행을 위한 부문별 컨트롤러 및 드라이버를 개발하였다. 전·후진 시 주행을 보조하기 위한 운행보조 센서를 Fig. 17과 같이 적용하였다. 후방 인체감지 센서 및 적외선 센서를 적용하여 후진 시 장애물을 감지할 수 있도록 하였다. 전방 기기 하단부에 적외선 센서를 적용하여 전진 시 하부 충돌사고를 방지할 수 있도록 경고 기능을 넣었다. 장애물 감지시나 휠체어 동작 시 부저 및 경광램프를 이용한 알림 기능을 적용하였다. 전면 한글 안내 표시 디스플레이(128×64 FULL GRAPHIC LCD) 채택하여 현재 작동상황을 표시하였다. 무선 인터페이스 모듈을 적용(LTE MODEM)하여 현재 상태를 서버로 전송하도록 하였다.

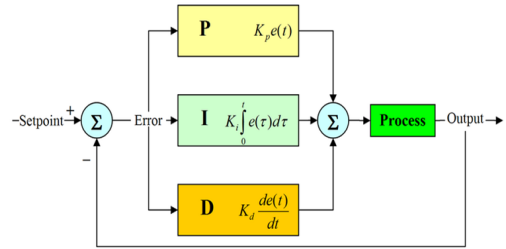


Fig. 17. Application of front and rear obstacle detection driving assistance sensor

3.5 DC 모터 PID 제어

DC 모터를 조이스틱 값에 따라 안전하게 조작하려면 PID제어를 통해 오른쪽 바퀴와 왼쪽 바퀴의 회전속도가 일정해야하고 급정거와 급출발이 없어야 한다. PID 제어는 제어 변수와 기준 입력 사이의 오차에 근거하여 계통의 출력이 기준 전압을 유지하도록 하는 피드백 제어의 일종이다. P(Proportional)는 비례 제어, I(Integral)는 적분 제어, D(Differential)는 미분 제어이다. P 제어로 부드러운 운전을 달성할 수 있으며, I 제어로 정상상태 오차를 보정할 수 있고, D 제어로 피드백 값에 영향을 미

치는 외란에 대한 빠른 응답을 가지도록 하였다.



$$MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

Fig. 18. Block diagram of PID controller

4. 구동 실험 및 분석

4.1 연속 주행시간 실험

모터 속도 3000 rpm으로 감속비가 50:1인 감속기를 사용하였으며, 구동 축 휠의 사이즈가 10인치이므로 평균속도는 0.8 m/sec로 계산된다. Fig. 19와 같이 전·후진, 그리고 좌·우 4방향으로 이동하는데 문제가 없었다. 또한, 전동 이·승강기기의 속도를 측정된 후 측정된 속도를 이용하여 5시간동안 Fig. 20과 같은 전용 지그위에서 연속주행을 시켜 주행시간을 평가하였다. 실제 측정된 결과 주행속도는 0.34 m/sec이었으며, 연속 주행시간은 5시간 8분이었다.

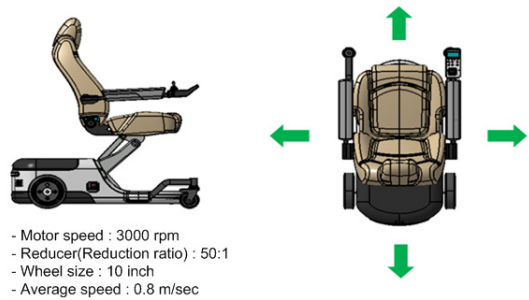


Fig. 19. Driving direction



Fig. 20. Jig used to measure continuous travel time

4.2 회전반경 실험

정지 후 좌·우 회전을 할 때 돌아가는 쪽의 외측 구동 휠은 정회전을 하고 내측 휠은 역회전을 하면서 Fig. 21 과 같이 최소 회전반경을 구현하였다. 줄자를 이용하여 전동휠체어의 전장을 측정하고 후 유효 회전반경을 계산하여 원을 그린다음 기준반경 내에서 전동 이·승강 휠체어 가 회전하는지 확인하여 평가하였다. 전동 이·승·강 휠체 어의 전장은 920 mm이었다. 기준반경을 계산한 결과, 전장+30%로 1,196 mm이었으며 기준반경 내에서 전동 이·승·강 휠체어가 회전한 원 반경은 1,196 mm로 측정 되었다.

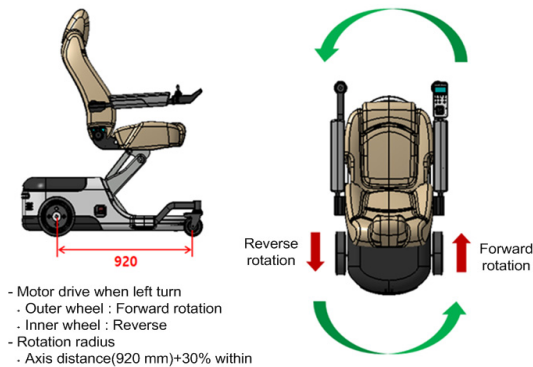


Fig. 21. Rotation radius of moving and lifting equipment

4.3 액추에이터 최대부하 실험

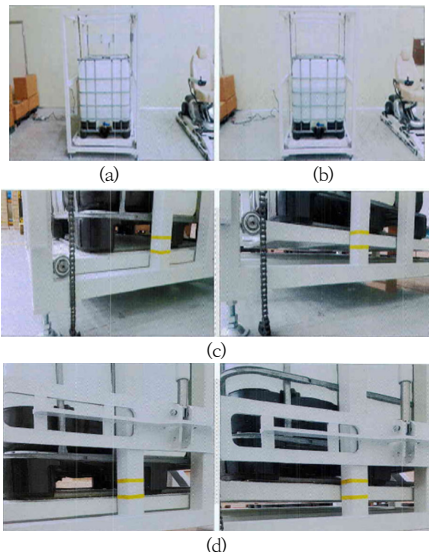


Fig. 22. Maximum load test of actuator

- (a) PULL total pile weight: 470 Kg
- (b) PUSH total pile weight: 820 Kg
- (c) Actuator PULL: Pass
- (d) Actuator PUSH: Pass

Fig. 22와 같이 액추에이터 단품을 이용하여 측정하였으며, 지그를 제작하여 액추에이터를 수직으로 고정하였다. PUSH일 때 8,000 N(815 Kg), PULL일 때 4,400 N(450 Kg)의 더미를 만들어 액추에이터가 작동하는지 확인하여 평가하였다. 시험결과, 액추에이터 최대부하는 PUSH(8,044 N), PULL(4,610 N)이었다.

4.4 최대 승강 높이 실험

전동 이·승·강 기기의 시트를 최대로 승강시켜 바닥에서부터 시트높이까지 승강높이를 Fig. 23과 같이 측정하였다. 최대 승강높이는 650 mm이었다.



Fig. 23. Maximum lifting height measurement experiment

4.5 소음 측정시험

소음은 음압 레벨로 시험하였으며, 측정시험 시 무향실의 크기는 6m×7m×7.5m 이었다, 시험조건은 온도 21.7±1.0℃, 상대습도는 43.5±1.0% R.H, 대기압은 1020±1.0 hPa 이었다. 시험은 Fig. 24와 같이 시료의 사면(앞, 뒤, 좌, 우) 1 m 거리에 마이크로폰을 설치하여 소음을 측정하였다. 시료를 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. 시험결과 주행 시 소음 레벨은 최대 54.2 dB이었다.

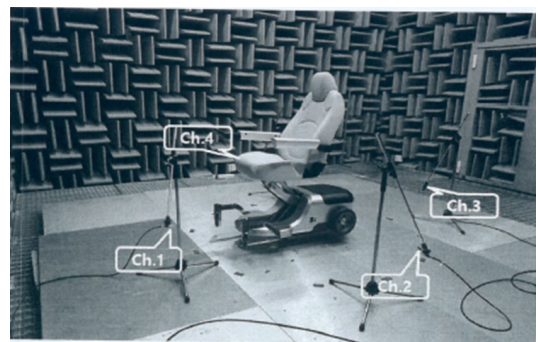


Fig. 24. Noise measurement in an anechoic chamber

Table 2. Experiment result

Test no.	Front(ch.1)	Right(ch.2)	Rear(ch.3)	Left(ch.4)
Test 1	54.1	53.0	50.9	53.1
Test 2	54.2	53.0	51.0	53.2
Test 3	54.2	53.2	50.9	53.0

4.6 운행 보조센서 센싱 최소거리 실험

Fig. 25와 같이 줄자를 이용하여 센서로부터 500 mm씩 1,500 mm까지 거리를 바닥에 마킹 한 후 장애물 더미를 1,500 mm에서 앞으로 당겨온다. 이때 센서가 장애물을 감지하고 알람 LED가 점등될 때의 장애물 더미의 위치를 확인하였다. 장애물 더미는 일반 가구에 들어가는 합판이며 크기는 760×350 mm 이었다. 실험 횟수를 10회까지 시행하였으며 실험결과, 운행 보조센서 센싱 최소거리는 1 m 이내 이었다.

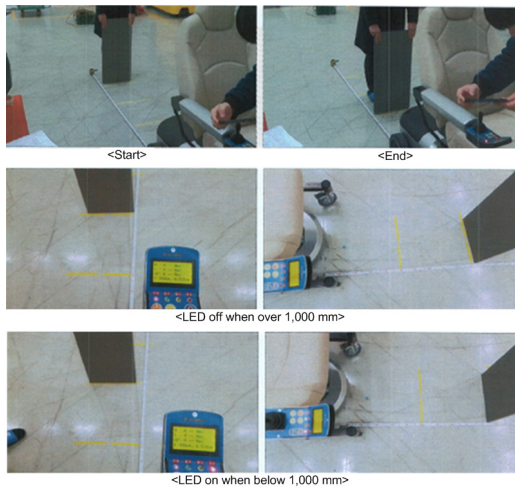


Fig. 25. Sensing minimum distance experiment

4.7 기기호환성 실험

Fig. 26은 실내 이•승강 휠체어 시제품의 상태를 서버로 전송하여 수신율을 측정하는 실험이다. 장비 컨트롤러의 3번 버튼을 누르고 있으면 통신 LED가 깜빡거리며 장비의 상태정보가 서버로 전송된다. 이때 전송되는 상태 정보는 전원, 장비에 장착된 모델 전화번호, 연락처 3개로 총 5개이다. 장비에서 서버로 전송시킨 시간과 서버에서 받은 시간 및 전송된 개수를 확인하여 수신율을 측정하였다. 실험은 39분 30초부터 5초 단위로 상태를 전송하였다. 총 28회 5초 단위로 전송하여 지정한 모든 장비 상태가 누락되지 않고 수신되었다. 따라서 서버 및 앱 프

로그래밍 상호연동과 기기호환성은 100%를 보였다.



Fig. 26. Equipment state transfer experiment

4.8 듀티 사이클 오차율 실험

전동 이•승강 휠체어의 컨트롤러 제어부에서 생성된 PWM 신호를 이용하여 모터를 제어하였다. 제어신호는 컨트롤러의 LCD 화면에서 확인 가능하며, 실제 구동부인 모터 드라이브에 공급되는 PWM 파형을 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 컨트롤러에서 표시되는 듀티비와 구동부에서 측정한 PWM 신호의 듀티비를 Fig. 27과 같이 확인하여 오차율을 계산하였다. 듀티 사이클은 최대 35%이며, 측정 범위는 13~35%에서 측정하였다. 듀티 사이클의 최대 오차율은 4.3%로 측정되었다.



Fig. 27. Duty cycle error rate of control part and drive part

Table 3. Experiment result

Test No.	Duty ratio measured by the controller	Duty ratio measured by the drive unit	Error rate (%)
1	13.0	13.2	1.5
2	20.0	20.8	3.8
3	30.0	30.4	1.3
4	35.0	36.0	2.8
5	20.0	20.8	3.8
6	26.0	26.4	1.5
7	31.0	32.0	3.1
8	35.0	36.0	2.8
9	15.0	15.2	1.3
10	20.0	20.8	3.8
11	26.0	26.4	1.5
12	30.0	30.4	1.3
13	35.0	36.0	2.8
14	20.0	20.8	3.8
15	15.0	15.2	1.3
16	30.0	30.4	1.3
17	37.0	37.6	1.6
18	18.0	18.8	4.3
19	28.0	28.4	1.4
20	33.0	34.0	2.9
21	35.0	36.0	2.8

5. 결론

본 연구에서는 거동이 불편한 노인 또는 장애인들이 타인의 도움 없이 스스로 실내에서 안전하고 편리하게 이·승강이 가능하고, 최소 회전반경과 문턱을 넘을 수 있도록 실내 전동 이·승강 휠체어를 설계 제작하였다. 고령자 또는 장애인들이 실내에서 일상생활을 스스로 할 수 있도록 IoT 기능들을 추가하여 사용자 편의를 제공하였다. 제작된 실내 이·승강 휠체어의 동작 상태를 평가하기 위해 구동실험을 수행하였다. 연속 주행시간은 5시간 8분(주행속도 0.34 m/s)이었으며, 회전반경은 전장 +30% 이내, 액추에이터 최대부하는 PUSH(8,044 N), PULL(4,610 N), 최대 승강 높이는 650 mm이었다. 또한 실내 이·승강 휠체어 주행 시 소음레벨은 최대 54.2 dB이었으며, 운행 보조센서 센싱 최소거리 1 m이내, 서버 및 앱 프로그램 상호연동 및 기기호환성은 100%, 듀티 사이클 오차율은 4.3%로 확인되었다. 성능평가 결과, 설계 제작된 실내 이·승강 휠체어는 시험 목표 값을 달성하였으며 성공적으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

References

[1] J. H. Choi, "The analysis of regional characteristics of

the aging population in Korea", *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, Vol.16, No.2, pp.233-246, June 2013.

DOI: <https://doi.org/10.23841/egsk.2013.16.2.233>

[2] 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.
DOI: <https://www.riss.kr/link?id=A100504421>

[3] 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>

[4] 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>

[5] 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.
DOI:

<http://ndsl.kr/ndsl/search/detail/article/articleSearchResultDetail.do?cn=NPAP08067105>

[6] 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>

[7] Y. C. Choi, K. M. Rhee, H. S. Choi, Y. T. Seo, "Development of the foldable manual/power hybrid wheelchair", *Journal of Korean Society of Precision Engineering*, Vol.23, No.2, pp.172-180, February 2006.
DOI: <http://www.riss.kr/link?id=A76290537>

[8] 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.
DOI: <http://www.riss.kr/link?id=A100037021>

[9] 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>

[10] 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.
DOI: <http://www.riss.kr/link?id=A102315937>

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

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, 컨버터, 자계해석

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