

수전동 복합기능의 접이식 휠체어 개발

최영철[#], 이근민^{*}, 최화순^{**}, 서영택^{***}

Development of the Foldable Manual/Power Hybrid Wheelchair

Young Chul Choi[#], Kun Min Rhee^{*}, Hwa Soon Choi^{**}, Young Taek Seo^{***}

ABSTRACT

Although there existed many types of manual/power hybrid wheelchairs, their use was not widespread because of their inconvenience in converting drive system and in folding frames. To carry a wheelchair in the car or to convert driving methods, some hard work of disassembling or exchanging wheels was required for most of currently available hybrid wheelchairs. In this study, the standard foldable manual wheelchair was reformed to a power wheelchair by installing the newly developed Axial Flux Permanent Magnet(AFPM) type of brushless direct current(BLDC) motor on each rear hub of wheelchair. This wheelchair could be driven by manual or electric power without exchanging wheels, thus no additional work was needed for carriage or for power conversion. The developed wheelchair was evaluated for durability, stability, maneuverability, cost, and reliability in accordance with the Korean standards. The results indicated that the developed hybrid wheelchair was good enough for commercialization comparing to other imported wheelchairs.

Key Words : Manual and Power Hybrid Wheelchair(수·전동 겸용 휠체어) Axial Flux Permanent Magnet(축방향 자속 영구자석)

1. 서론

우리나라는 노인 인구의 급속한 증가로 이미 고령화 사회에 진입하였고, 산업재해로 인한 장애인의 수도 지속적으로 증가하고 있다. 따라서 노약자와 장애인이 사용하는 보조기기의 시장도 점차로 확대되고 있으며, 특히 이동 보조기기인 휠체어 시장의 증대는 팔목할 만 하다¹. 휠체어는 구동방식에 따라 수동(manual)형과 전동(power)형으로 나뉜다. 사용자가 직접 손으로 바퀴를 굴리는 수동 휠체어는 따로 구동장치가 없으므로 구조가 간단하고 유지 보수가 용이하며 가격도 저렴하다². 전기모터로 바퀴를 굴리는 전동휠체어는 무게가 무겁고 가격도 고가이지만,

상지가 손상된 장애인이나 근력이 저하된 노약자들이 사용하기에 편리하다. 최근에는 사용의 편의성이 중시되면서 수동운전이 가능한 사용자 그룹에서도 전동휠체어의 수요가 꾸준히 증가되고 있다.³ 또한, 장애인과 노인들의 이동 및 사회활동의 욕구가 고급화되고 다양화되면서, 무게가 가볍고 접어서 부피를 줄여 차량에 탑재가 용이하며, 특별한 조작 없이 수동운전과 전동운전 간의 전환이 가능한 복합 기능 휠체어에 대한 사용자의 욕구가 증대되고 있다.

초기의 전동휠체어 구조는 Fig.1의 (A)에 나타난 바와 같이 기어(gear)나 풀리(pulley)구조의 감속장치를 적용한 것으로 무거울 뿐만 아니라 소음 발생과 벨트 마모 등의 문제점이 있었다. 또한 소음과 무게

^{***} 접수일: 2005년 5월 12일; 게재승인일: 2006년 1월 13일

[#] 교신저자: (주) 서영테크 기술이사

E-mail heebangcyc@hanmail.net Tel. 016-513-0780

^{*} 대구대학교 재활공학과

^{**} 포항공과대학교 산업경영공학과

^{***} 구미1대학 전기공학과

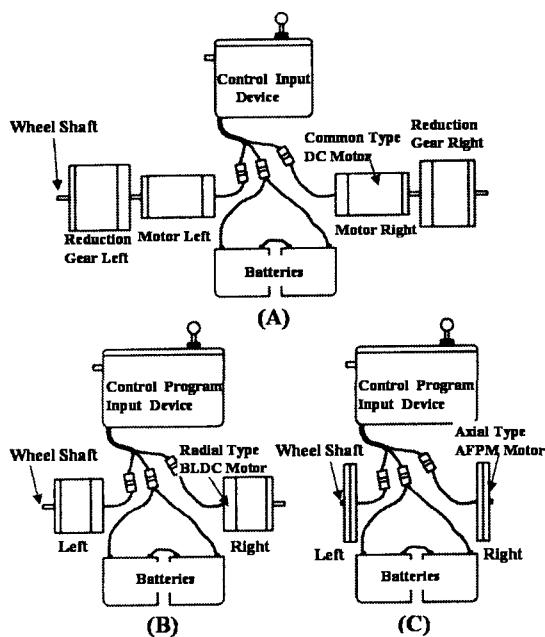


Fig.1 Comparison of drive systems (A) Common type electric wheelchair, (B) Radial type BLDC wheelchair (C) AFPM BLDC wheelchair proposed in this study

를 줄이기 위하여 고분자(polymer) 재료로 제작된 감속기어는 효율이 떨어지고 쉽게 마모되는 특성이 있어 휠체어 수명을 단축시키는 요인이 되기도 하였다.² 감속기가 사용된 전동휠체어는 전력공급이 차단된 상태에서 감속기어의 연결구조상 손으로 바퀴를 추진하기가 어렵다. 따라서 최근에는 감속기가 필요 없고 무게도 가벼운 Fig.1의 (B)와 같은 BLDC(blushless direct current) 전동기가 휠체어에 적용되고 있다. 독일의 Otto Bock Group은 Fritz Heinzmann GmbH & Co.에서 생산된 방사형(radial type) BLDC 전동기(Fig.2 (A))를 사용하며 수 전동 겸용 휠체어를 최초로 상품화 하였다.⁴ 그러나 이 휠체어는 부피와 무게가 충분히 감소되지 않은 관계로 차량에 탑재하기 위해서는 바퀴를 탈착해야 하는 불편한 점이 있었다. 이후 일본 YAMAHA사는 자체 제작한 Radial Type의 BLDC 전동기를 적용하여 전동보조형 수동휠체어를 개발하였다. 이 제품은 바퀴가 부착된 채로 접어서 이송이 가능하나, 근력이 약한 사람이 휠체어의 바퀴를 스스로 들릴 수 있도록 전기모터가 보조 구동장치로 사용되었을 뿐

완전한 수동 전동 전환 기능은 갖추지 못했다. 국내에서는, 재활공학연구소에서 수·전동 전환형 휠체어 시스템을 개발한 바 있다.⁵ 이 휠체어는 프레임(frame)에 알루미늄 합금 A5056을 사용하여 경량화하였고, 구동장치로 감속장치가 내장된 브레이크 일체형 BLDC 모터를 사용함으로써 기존의 수/전동 겸용 휠체어에 있어 추진력이 부족한 점을 크게 개선하였다. 그러나 이 휠체어 역시 차량에 탑재하려면 바퀴의 탈착이 필요했다.

본 연구의 목표는, 사용자가 수동에서 전동으로 또는 그 반대로 휠체어의 구동방식을 자유롭게 전환할 수 있으며, 바퀴의 탈·부착이 필요 없이 쉽게 접을 수 있어 차량에 탑재하기가 용이한 수·전동 전환가능 접이식 경량 휠체어를 개발하는 것이다. 전동 휠체어의 무게(weight)와 접었을 때의 부피(volume)에 가장 큰 영향을 주는 것은 구동 모터(motor)이다. 따라서 본 연구에서는 휠체어의 바퀴부분에 돌출이 되지 않고 장착이 가능하도록 원반형상(Fig. 1의 (C))이며 출력이 높은 전동기를 개발하여 사용하였다.

본 연구에서 사용된 AFPM(axial flux permanent magnet) BLDC 전동기(발명특허 제 0498683호; Fig. 2의 (B))는 공극 단면이 회전축과 직각을 이루고 있어 축과 평행한 방향의 자속에 의하여 전동기의 토크가 형성된다. 또한 일반 전동기에 비하여 에너지 밀도가 높고, 두께가 얇은 원반 형태의 슬림(slim)형 구조이므로 별도의 공간이 없이도 휠체어에 바퀴 일체형으로 장착이 가능하다. 이러한 AFPM BLDC 전동기의 장점을 활용한 수·전동 겸용휠체어의 개발은 다음과 같은 단계를 거쳤다. 첫째로, 수·전동 휠체어에 대한 사용자의 요구조건을 파악하여 수·전동 휠체어의 설계범위를 설정하고, 이에 적합한 휠체어용 AFPM 전동기를 개발하였다. 둘째로, 개발된 전동기와 전자 브레이크를 연동시켜 두 개 바퀴의 병렬 운전을 위한 제어장치를 개발하였다. 셋째로, 수동 휠체어에서 전동 휠체어로의 구조 변경에 따른 무게 중심의 변화를 역학적으로 검토하여 모터와 배터리의 부착 위치를 결정하였고, 탈착과 위치 변경이 가능하도록 휠체어의 각종 부속장치를 제작하였다. 마지막으로 완성된 수·전동 겸용 휠체어 시제품에 대한 자체시험 및 평가를 실시하였다.

2. 연구 방법

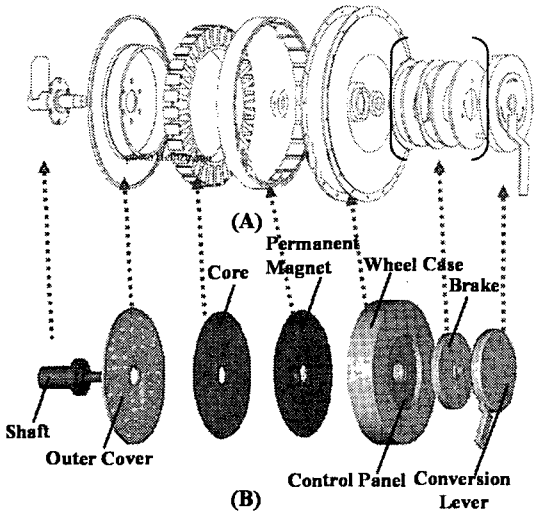


Fig. 2 Configuration of BLDC motors. (A) Radial type of Heinzmann. (B) AFPM type proposed in this study

2.1 휠체어 선정에 영향을 미치는 요소 조사

새로운 휠체어의 개발에 앞서, 사용자들의 휠체어 선정에 영향을 미치는 인자를 조사하였다. 전동 휠체어 사용 경험이 있는 장애인 34명을 대상으로 8 가지 문항에 대한 설문 조사를 실시하였다. 그 결과는 Table 1에 나타난 바와 같이, 휠체어의 가격과 운전의 용이성 등이 휠체어 선정에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 따라서 이를 고려하여 휠체어 설계의 주안점과 추진방향 및 우선순위를 결정하였다.

Table 1 Factors influencing the choice of wheelchairs

요소	중요도	요소	중요도
① 가격	36%	⑤ 내구성	17%
② 이송용이(부피)	3%	⑥ 구동력	17%
③ 이송용이(무게)	3%	⑦ 외관	-
④ 유지 및 보수성	3%	⑧ 운전용이	21%

Table 1에 나타난 바와 같이, 휠체어 선정에 가장 큰 영향을 끼치는 요소는 휠체어의 가격이었다. 따라서 개발할 휠체어의 가격을 낮추기 위한 방안을 모색한 결과, 수동 휠체어의 뼈대와 구조를 최대한

그대로 이용하고 취약 부분을 보강하여 전동휠체어로 개조하는 방안을 택하였다. 휠체어의 이송 용이성에 관하여 휠체어 사용자들은 자동차에 탑재가 가능한지의 여부를 중요시 하였다. 따라서 접이식 수동 휠체어를 전동으로 개조할 때 쉽게 접힐 수 있도록 부품을 배치하고 설계상 제한점을 검토하였다. 수동 및 전동 겸용 휠체어는 전동 모터와 배터리의 부착으로 휠체어의 중량이 증가되고 무게 중심의 위치도 바뀌게 된다. 휠체어의 무게 중심은 휠체어의 안정성과 운전의 용이성에 직접적 영향을 끼치므로, 휠체어의 경량화 방안과 적절한 무게 중심의 위치를 설계 단계에서 검토하였다. 또한, 휠체어의 유지 및 보수에 편리하도록 가능한 한 호환성이 좋은 표준화된 부품을 사용하였다. 내구성 측면에서는, 휠체어 프레임(frame)과 축(shaft)의 강도상 안전성을 검토하고 취약부분의 보강 방안을 수립하였다. 휠체어가 적절한 구동력(power)을 발휘할 수 있도록, 관련 규격을 충분히 만족할 수 있는 수준으로 정격출력을 설정하였고 이에 합당한 모터와 배터리를 적용하였다. 휠체어 운전이 용이하도록, 급발진이 최소화되고 유연한 방향 전환이 가능한 조이스틱 조정장치와 속도제어기를 개발 적용하였다. 이외에도, 사용성(usability)향상을 위한 전문가 검토 사항으로서, 자세, 힘, 감각, 시각적 인지도, 휠체어 운전 능력 등의 개인의 신체적 상태에 관한 사항을 고려하였다.

2.2 동적 안전성 확보를 위한 무게중심 검토

수동휠체어를 전동휠체어로 개조하기 위해 먼저 휠체어 무게중심에 대한 역학적 검토를 실시하였다. Fig.3은 4개의 저울을 사용하여 휠체어 무게중심의 3-차원 좌표를 구하는 방법을 도식적으로 나타낸 것이다. 휠체어의 무게중심 위치는 경사로에서의 전복에 대한 안전성뿐만 아니라 직진과 회전 등의 운전 용이성에도 직접적 영향을 미친다.⁶ 따라서 휠체어의 무게중심은 이러한 두 가지 측면을 동시에 고려하여 결정되어야 한다. 즉, 휠체어의 앞뒤 바퀴간 거리(wheelbase: d)가 길면, 안정성이 크고 회전이 용이하며 턱 오름이 쉽다. 무게중심이 앞쪽에 위치할수록 앞바퀴에 하중 증가로 인한 굴림 마찰저항이 증가하고 바퀴 떨림 현상이 크다. 휠체어의 좌우 바퀴간 폭(track width: w)이 크면 좌우 안정성이 크고, 무게중심이 좌·우 중심선상에서 벗어날수록 직진성이 떨어진다.⁷ 또한, 무게중심이 상부에 위치할수

록 경사로부터의 전복 가능성이 크다.

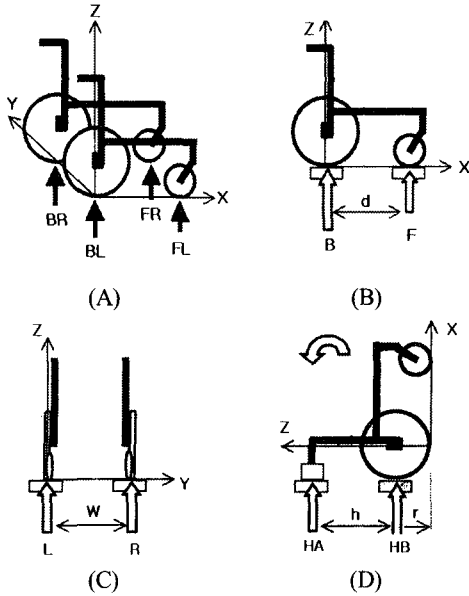


Fig. 3 Measurement of the COG(center of gravity) (A) X-Y-Z Coordinate, (B) X-Coordinate (length), (C) Y-Coordinate (width), (D) Z-Coordinate (height)

수동 휠체어를 수·전동 겸용 휠체어로 개조할 때 동적 안전성을 확보할 목적으로, 휠체어의 4개 바퀴에 디지털 인디게이트(digital indicator)가 부착된 전자저울(RE-5, 측정범위: 0.981N ~ 980N, CAS Co.)을 설치하여 휠체어 무게중심의 변화를 관찰하였다. Fig.4의 (A)는 수동 휠체어의 무게중심을 나타내고, (C)는 운전자가 탑승한 경우의 수동 휠체어의 무게중심 변화를 나타내며, (B)는 본 연구에서 전원장치의 위치를 조절하는 수차례 반복 시험결과에서 가장 안정된 구동 특성을 나타낸 경우의 수·전동 겸용휠체어의 무게중심이며, (D)는 여기에 운전자가 탑승한 경우의 무게중심 위치를 나타낸다.

또한 Fig 5에 도시된 바와 같이, 양팔로 휠체어 바퀴를 구동할 때 체중 이동으로 전체 무게의 1~5%에 상당하는 무게가 전방으로 쏠리는 현상을 관찰할 수 있었다. Fig. 5의 (A)에는 Fig. 4의 (C)와 같은 상황에서 사용자가 휠체어를 구동시킬 때 무게 중

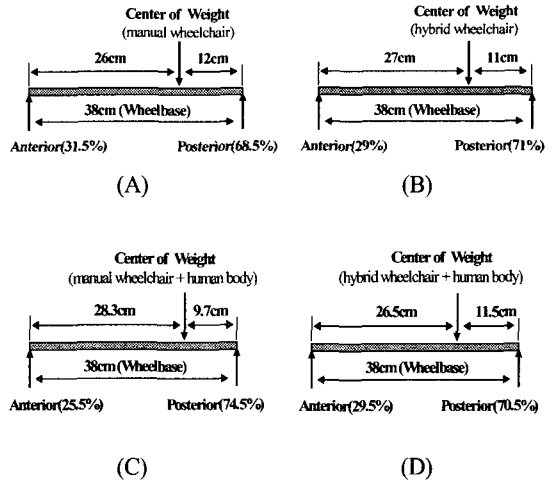


Fig. 4 Position of weight centers on the wheel base (A) Manual wheelchair, (B) Hybrid wheelchair, (C) Manual wheelchair & Human body weight, (D) Hybrid wheelchair & Human body weight

심이 이동한 결과를 나타내었고, Fig. 5의 (B)에는 Fig. 4의 (D)와 같은 수·전동 겸용휠체어를 양팔로 구동할 경우에 무게중심이 이동한 결과를 나타내었다.

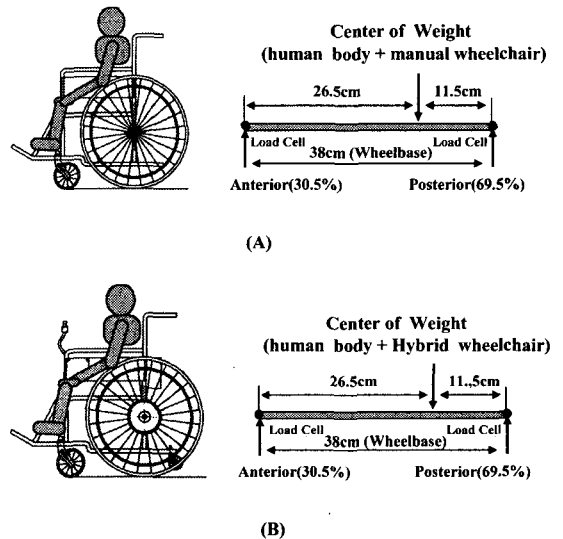


Fig. 5 Position of weight centers during manual propulsion (A) Manual wheelchair (B) Hybrid wheelchair developed in this study

이러한 결과들을 종합하여 전원 공급 장치의 부착 위치를 설정하여 수·전동 겸용휠체어의 전후방 무게중심 배분을 완료하였다.

3. 설계 및 제작

3.1 휠체어용 AFPM 전동기

최대 100kgf 정도의 체중을 가진 사용자가 탑승하여 10°의 경사면을 0.63m/s(20rpm)의 속도로 오르는데 필요한 모터 출력(KS P 6114, ISO 7176 standards 만족)은 좌우측 바퀴에 각각 110W 이상이어야 한다. 따라서 전기기계적 효율 등을 감안하여, Fig. 6에 제시된 최대출력 120W인 휠체어 전용 AFPM 전동기를 제작하였다. 개발된 AFPM BLDC 전동기의 무게는 6kgf이며, 상세한 제원은 Table 2에 나타낸 바와 같다. 여러 연구^{8, 9}에 제시되었듯이, 이 전동기는 출력에 비해 소형이어서 경량화가 가능하고 방사형(radial type) 보다 효율이 높고, 소음은 적으며 냉각이 용이하며, 슬롯이 없고(slotless), 철심이 없는(coreless)형으로 전기적인 노이즈가 적고, 저속 영역에서도 정밀한 속도 제어가 가능하다. 특히 용도에 따라 축이나 전동기 골조(motor case) 중 어느 한쪽을 회전체로 활용할 수 있을 뿐 아니라 광범위한 속도 제어가 필요한 영역에도 응용할 수 있다.

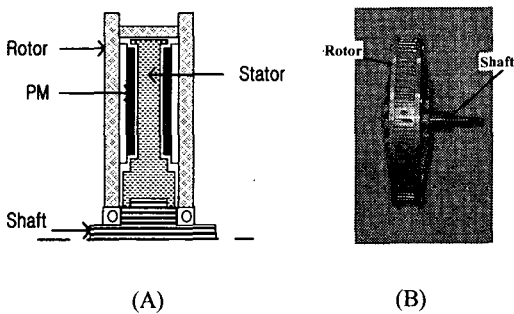


Fig. 6 The developed AFPM motor for hybrid wheelchair (A) Schematic structure of AFPM motor, (B) The manufactured AFPM motor

3.2 수·전동 겸용 휠체어용 제어기

휠체어용 모터는 기준속도 이하에서는 속도 증가에 따라 전압을 증가시켜 일정 토크를 유지하고, 기준속도 이상에서는 정격전압을 유지하면서 공급 자속을 감소시켜 속도를 증가시켰다.

Table 2 Specification of AFPM wheelchair motor

입력 전압	24 V
정격 출력	120 W
정격 토크	1.85 Nm
정격 속도	62 rpm
무부하 속도	158 rpm
정격 전류	10 A
단위무게 당 토크비	2.05 Nm/kg
선간 저항	0.507 Ω
상수	3
회전자 외경	208 mm
축 방향 두께	36 mm

전동휠체어는 전기자전거와는 달리 자동차처럼 좌·우 양 바퀴 굴림 방식이므로 방향 전환할 때 양 쪽 바퀴의 회전 속도가 다르게 된다. 기존의 전동휠체어는 전동기로부터 감속 기어와 차동 기어를 거쳐 바퀴에 동력이 전달된다. 이와는 다르게, 수·전동 겸용 휠체어에는 좌, 우 모터의 원활한 병렬제어가 요구되는데 BLDC 전동기에 사용되는 단순 로직에 의한 일반적인 속도제어 방식으로는 이러한 목적을 이룰 수가 없었다. 따라서 고속 마이크로프로세서를 채용하여 실시간 Pulse Width Modulation (PWM) 방식으로 입력 조정기의 방향 및 속도 지령 값을 제공하는 고성능의 속도제어기를 설계하였다. 또한 원활한 휠체어 운전이 가능하도록, 아날로그(analog) 및 디지털(digital) 회로로 이루어진 휠체어 제어기를 구성하였다. 이러한 직접 구동형 휠체어의 제어기 구성은 Fig. 7과 같다.

휠체어는 정확한 직진(straight)과 유연한 회전(rotation)이 가능하며 급제동과 급발진이 최소화되어야 한다. 따라서 Fig. 8에 도시된 바와 같이 조이스틱(Joystick) 조정기의 좌표에 따라 직진(forward), 후진(reverse), 좌회전(left), 우회전(right) 등 4가지 모드로 제어하였으며, 방향 전환의 각도에 따라 좌우 전동기의 작동 여부와 회전 방향을 달리하여 유연한 방향 전환이 가능토록 하였다. 또한 Micro-controller Unit(MCU)에서 좌측과 우측의 전동기 회전속도를 측정 비교하여 방향성 및 PWM 효율(duty)비에 따라서 속도를 제어하였고, 전자브레이크(Electromagnetic Brake)와 연동하여 급제동 및 급발진이 최소화되도록 하였다.

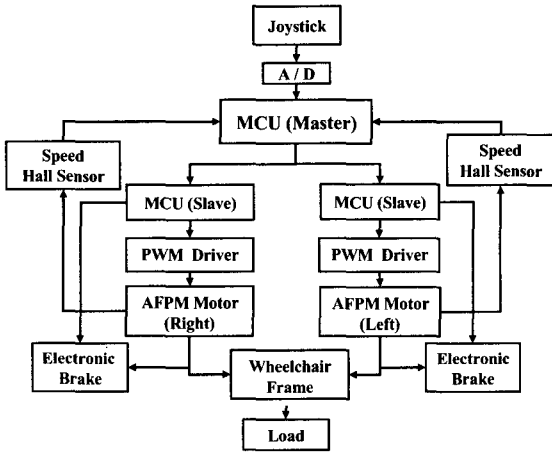


Fig. 7 Block diagram of hybrid wheelchair controller

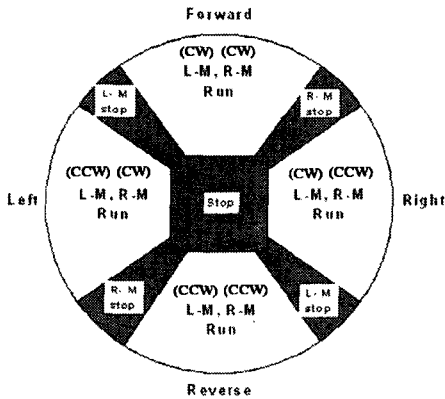


Fig. 8 Coordinate of joystick controller

4. 개발 결과 및 평가

4.1 휠체어 본체

본 연구에서 개발된 휠체어 시제품의 구성 부분을 Fig. 9에 나타냈다. Fig. 9의 (A)는 전동기와 전자 브레이크가 장착된 바퀴(wheel)를 나타내고, (B)는 제어장치이다. (C)는 전동기에 설치한 전자브레이크 (FB-A Type, (주)대한기전)이고, (D)는 휠체어 운전용 조이스틱을 나타낸다. 조이스틱은 CH Products사의 HFX 모델을 사용하였다. 그리고 AFPM 전동기와 부속장치를 장착한 수·전동 겸용 휠체어의 시제품 형태를 Fig.10에 나타내었다.

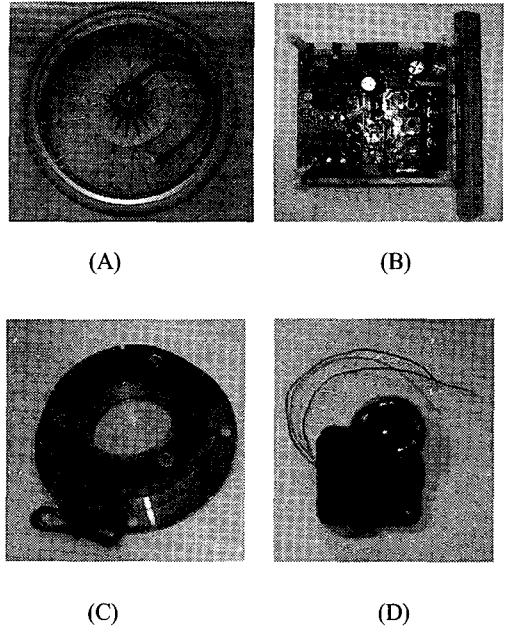


Fig. 9 Developed parts for hybrid wheelchairs (A) The wheel with a AFPM motor, (B) Driving controller (C) Electro-magnetic Brake (D) Joystick controller

4.2 운전 특성 실험 결과

입력 조정장치로 사용된 Joystick의 좌표에 따른 양쪽 바퀴의 회전 방향과 속도를 측정하였고, 이를 Micro Controller Unit(MCU)에서 처리되는 신호치 (signal value)와 비교하여 방향성 및 PWM 효율 (duty)비에 따라서 속도가 제어되고, 전자 브레이크 (electronic brake)와 연동되어 급제동 및 급발진이 최소화되는지 확인하였다. 전동기의 운전 및 정지 시 전자브레이크의 특성 실험 결과는 Fig. 11과 같다.

4.3 완성품 평가결과

완성된 휠체어 제품에 대하여 KS 규격에 규정된 6가지 항목의 성능 안전성 평가와¹⁰ 4개 항목의 충격강도 평가를 실시하였다. 국내 검사기준이 없는 항목은 미국표준국(The American National Standards Institute; ANSI) 및 북미 재활공학회(Rehabilitation Engineering and Assitive Technology Society of North America; RESNA)의 휠체어 표준(wheelchair. Standard Part 01 ~ 16) 규정을¹¹ 참조하였다. Table 3에는 성능 평가결과를, Table 4에는 안전성 평가 결과를 나타내었다.

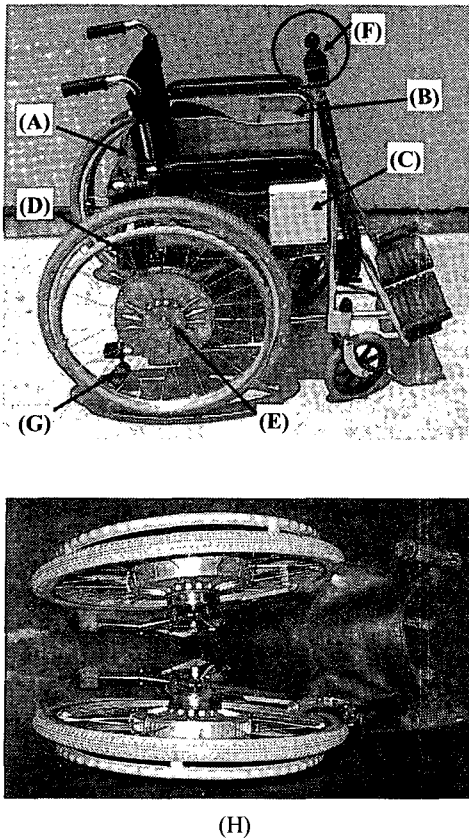
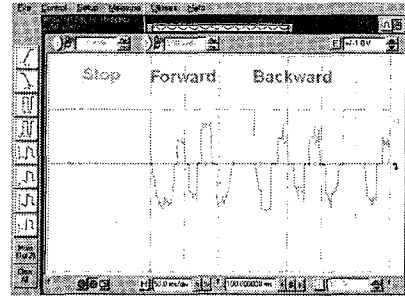


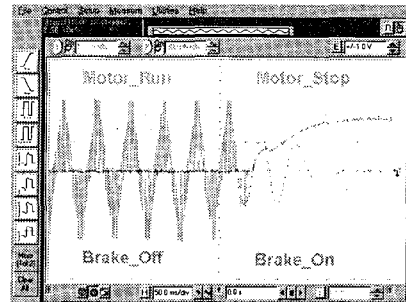
Fig. 10 Developed hybrid wheelchair (A) Brake control box (B) Left wheel control box (C) Right wheel control box (D) Battery box (E) AFPM motor (F) Joystick (G) Assistive wheel (H) Folded wheelchair (battery out)

Table 3에서 ①은 평탄 포장길에서 최고속도로 4차례 운행 후 평균값을 표시한 것이고, ②는 포장길에서 등판능력을 측정된 결과이며, ③은 ANSI/RESNA Wheelchair Standard part 04의 규정이 정한 실내의 테스트를 통하여 Battery 사용시간을 측정된 것이다. ④는 조정장치의 의도한바 작동에 따른 휠체어의 기동력을 시험한 결과이며, ⑤는 내구성과 피로도 시험(Static, Impact, and Fatigue Strength Test)으로 ANSI/RESNA Wheelchair standard part 08에 규정된 기준을 나타낸다. 마지막으로 ⑥은 온도 변화에 견디는 능력에 대한 시험으로서 휠체어를 -25°C와 +50°C의 온도에 3시간 동안 방치한 후

상온으로 돌아가기 전에 바로 작동시켜 정상작동 여부를 평가한 것이다.



(A)



(B)

Fig. 11 The Characteristics of electromagnetic brake (A) The waveform of brake operation during forward and backward driving (B) The waveform at quick stop

Table 4에서 ①은 휠체어의 정적 및 동적 안정성을 ANSI/RESNA Wheelchair Standard Part 01, 02 규정에 의거하여 측정된 결과이고, ②는 제동거리 측정을 위한 자동브레이크 시험 결과로서 5°의 경사면을 최고속도로 하강하는 도중에 컨트롤러를 놓아 휠체어가 완전히 멈출 때까지의 거리를 측정된 것이다. ③은 ANSI/RESNA Wheelchair Standard Part 14에 규정된 밀기시험 결과로서 전동브레이크 장치를 풀고 수동으로 밀었을 때 필요한 힘이 100N 미만이면 기준에 해당함을 의미한다. ④는 ANSI/RESNA Wheelchair Standard Part 15의 안전보호물에 대한 규정으로서, 휠체어의 바퀴를 제외한 어떠한 동력 부품에도 손가락이 끼이지 않아야 함을 의미한다. Table 5는 기존의 외제 휠체어 제품과 본 연구에서 개발된 휠체어 시제품에 대한

사용자의 선호도를 조사하여 그 결과를 비교하여 나타낸 것이다. 조사 방법은 전동휠체어 사용 경험이 있는 장애인 34명을 대상으로 설문조사 방식을 사용하였다. 각 항목 당 100점 만점을 기준으로 피검자가 부여한 점수를 평균 처리하여 표시하였다. 이들 항목에서 ①은 실내/외에서의 사용 편리성, ②는 좁은 장소에서의 운전 편의성, ③은 사용자의 접기, 보관 등의 용이성, ④는 보호자가 사용자가 없는 상태에서 휠체어의 운반, 접기, 보관의 편리성 정도를 뜻한다.

Table 3 Functional characteristics of the prototype

평가 항목	시험 결과
① 최고속도	1.88 m/s
② 최대 등판능력	8°
③ 전원장치 연속사용시간	4 hr
④ 기동성	Pass
⑤ 내구성-피로시험	No try
⑥ 온도 시험	Pass

Table 4 Results of safety evaluation

① 정적 및 동적 안정성 시험	under 5° Safety, Pass
② 동적 제동거리	Average 1.1m, Pass
③ 밀기 시험	Less 72N, Pass
④ 안전성 시험	Pass

Table 5 Results of preference evaluation (traditional products vs. prototype)

Subject of Evaluation	Traditional products		proto-type
	Inner:25	Inner:50	
① 사용 편리성	Outer:90	Outer:90	
② 운전 편의성	85	90	
③ 유지용이성	10	90	
④ 작동 편리성(실내)	10	90	
⑤ 작동 편리성(실외)	10	60	
⑥ 작동 편리성(보호자)	10	90	
⑦ 작동 편리성(응급 상황)	80	90	
⑧ 기능	90	80	
⑨ 외관	80	80	
⑩ 구매 매력도	80		

그리고 ⑤는 사용자가 차량탑승 시 운반, 접기, 보관의 편리성 여부, ⑥은 보호자 도움이 있을 때, 운

반, 접기, 보관이 가능한지의 여부, ⑦은 배터리의 방전 및 잔량 부족 등의 응급 상황에서 휠체어의 운전과 이동이 가능한 정도, ⑧은 구동성능(추진력)의 만족도, ⑨는 휠체어 외관에 대한 만족도, ⑩은 휠체어를 구매할 의사가 있다면 본 연구에서 개발된 휠체어를 선택할지의 여부에 대한 응답 결과이다.

5. 결론

본 연구를 통해 부피와 무게가 혁신적으로 개선되고, 기능에 비해 경제적인 가격으로 판매가 가능한 수 전동 겸용 휠체어를 개발하였다. 자체적으로 실 부하 운전시험 및 평가를 실시한 결과, KS P 6114 규정 및 ISO 7176 규정이 정한 기준을 만족시키는 우수한 특성을 나타내어 상용화 할 경우, 해외 시장에서도 충분한 경쟁력이 있을 것으로 판단되었다. 개발된 휠체어는 다음과 같은 기술적 특성을 갖고 있다.

- 1) AFPM 전동기의 장점을 유지하면서 축에 고정되어 바깥 부분이 회전하는 바퀴 일체형 외측회전(outer rotor) 방식으로는 최초의 휠체어이다.
- 2) 고성능 MCU를 사용하여 병렬 운전에서 각각의 전동기 센서신호를 측정 비교하여 방향성 및 PWM 효율 비에 따라서 속도를 제어하고, 전자 브레이크(electromagnetic brake)와 연동하여 급제동 및 급 발진 최소화를 구현하였다.
- 3) 장애의 정도 및 휠체어 운전 능력에 따라 조정장치 조절이 가능하도록 설계함으로써 다양한 사용자의 요구조건에 능동적으로 대응이 가능하다.

후기

이 논문은 2003년도 중소기업청 중소기업기술혁신개발사업 지원에 의한 논문임.(본 연구과제는 2004 중소기업 우수연구사례로 선정되었음. 이에 감사드립니다.)

참고 문헌

1. Korea National Statistical Office, [Http://www. nso, go.kr/report/data/pope95.htm](http://www.nso.go.kr/report/data/pope95.htm).
2. Xavier, Attali, Francois, Pelisse, "Looking back on the Evolution of Electric Wheelchair," Medical Engineering & Physics Vol.23, pp. 735-743, 2001.
3. Korea Medical Instrument Cooperative Association, http://www.medinet.or.kr/industry/industry_01.asp
4. Heinzmann, "Brushless hub Wheel Motor(with electronic communication, direct driving without gearing)," 1999.
5. Ryu, J. C., "The Convertible Wheelchair System," J. of the KSPE, Vol, 20, No. 2, pp. 14-18, 2003.
6. Trefler, E, Taylor, S J., "Prescription and positioning: evaluating the physically disabled individual for wheelchair seating," Prosthetics and Orthotics International, Vol. 15, pp. 217-224, 1991.
7. Rory, A., Cooper, PhD, Michael L, Boninger, MD, Andrew Rentschler, BS, "Evaluation of Selected Ultralight Manual Wheelchairs Using ANSI/RESNA Standards," Arch Phys Med Rehabil, Vol. 80, April, 1999.
8. Seo, Young Taek, "Design and Analysis of AFPM Coreless Motor for Electric Scooter," KIEE International Transaction, Vol. 3-B, No. 2, pp.90-96, 2003.
9. Seo, Young Tack, "Design and Analysis of AFPM Coreless motor for low speed and high torque," International Conference on Electrical Engineering 2, pp. 941-944, 2002.
10. Korean Industrial Standards KS P 6114 The Power Wheelchair
11. American National Standards Institute. American national standard for wheelchairs -volume 1: "Requirements and test methods for wheelchairs (including scooters)," New York: American National Standards Institute; 1998.