

차량 탑재용 전동휠체어(INMEL-5)의 설계(1)

권 장우, 김 지순, 정 동명, 홍 승홍  
인하대학교 전자공학과

The Design of a " Motorized Wheelchair(INMEL-5) "  
for loading in the car

J.W.KWON, G.S.KIM, D.M.JEONG, S.H.HONG  
DEPT. of Electronics, INHA UNIV.

ABSTRACTS

The main concepts in the design and construction of an motorized wheelchair for loading in the car which is intended to drive a disabled to long distance.

The wheelchair is basically a powered and folding, so it is designed to motorized manual wheelchair by modularity method. The wheelchair has been installed with a power motor module, battery module, and drive & control module.

The goal of this project is to develop a wheelchair that has multifunction and operated disabled who has variety impairment. So we are currently working.

1.서론

Manual Wheelchair(MWC)는 가볍고 얇기이며 접을 수 있어서 일반적인 보행 보조수단 일 뿐만 아니라 차량을 이용하는 장애인에게 승용차에서 목적지까지 이동수단을 제공한다.(1,2)

그러나 상체가 약하거나 이동거리가 많을 때는 Powered Wheel Chair(PWC)가 요구되는데, 이는 고가이며 무게가 무겁고 접을 수 없어서 일반 사용자는 물론 차량을 이용하는 경우에도 차량에 탑재할 때 곤란한 단점을 가지고있다.(3,4)

이러한 양자의 단점을 보완하기 위해서 그 동안 개발해온 시스템을(5,6) 보완하여 MWC에 쉽게 장착할 수 있는 전동장치, 제어장치, 배터리 등을 모듈방식으로 설치함으로써 MWC의 장점을 유지하면서 전동화시킨 시스템이다.

2.INMEL-3,4호와의 비교

INMEL-3호는 복합장애자를 위한 전동 휠체어로써 조이스틱 및 음성명령에 의해서 제어되는 시스템으로써(7) 구동부는 유사하나 배터리를 당단 프레임에 고정하고 있어서 접힘기능이 없고 전동모드에서 수동모드로 전환이 불가능하므로 고장시나 배터리의 과소모시 문제 해결이 어려웠다.



사진 1. INMEL-4의 구성

이러한 단점을 개량한 것이 사진1의 INMEL-4호로써 구동부를 모듈화하고 이 구동부를 다시 위치변환 모터로 제어하여 구동력을 바퀴에 전달하거나 차단될 수 있도록 하여 문제를 해결하였으나 실험 결과는 전동 모듈의 중량에 의해서 무게 중심이 후면으로 이동되므로 경사면에서 장애자의 안정성을 저하시키고 타이어를 심하게 마모시키며 접을 수 없으므로 차량에 탑재할 때 부피를 감소시킬 수 없었다.

결국 INMEL-3호의 구조에 동력을 차단하는 클러치의 설치와 모든 구조를 분리 가능한 모듈방식으로 개량하고 전체 중량의 27%(18.8Kg)를 점유하는 배터리 모듈을 탑재할 때 쉽게 분리 할 수 있도록 INMEL-5호를 설계하였다.

3.시스템의 기본 구성

INMEL-5호는 사진 2와 사진 3에 나타난 것과 같이 전동장치 모듈과 구동장치 모듈, 전원장치 모듈, 제어장치 모듈 등 4개의 모듈로 구성되며 각 모듈의 구조와 기능은 다음과 같다.

(1) 전동장치 모듈

모터의 동력을 MWC의 바퀴에 직접 전달하기 위하여 한개의 체인 스프라켓을 바퀴에 고정하고 다른 하나를 클러치 샤프트에 공회전하도록 설치하여 체인으로 연결시켰다.

이 공회전 스프라켓이 MWC의 브레이크 레버에 연동되어 있는 클러치 연결 와이어의 조작에 의해 감속기 속과 접속되어 전동모드가 된다.



사진 2. INMEL-5의 구성



사진 3. 모듈의 구성

(2) 구동모터 모듈

12 V 3.5A 모터와 워엄 감속기가 일체로된 동일속 상에 탄압형 클러치를 설치한 구동모듈을 MWC의 후부 들출 파이프에 고정하기 위하여 클립형 고정구를 사용하고 클립을 체결할 때 파이프의 변형을 막고 구동체인에 의한 인장력에 의해서 두개의 스프라켓이 동일 평면상에서 이탈되는 것을 방지하기 위해서 파이프 내부에 클립 보조용 고정핀을 삽입하였다.

(3) 전원 장치 모듈

외형과 내구력을 고려하여 금속과 비금속의 케이스를 제작하였으나 취급상 오히려 비능률이 확인되어 사진 3과 같이 인장력이 좋은 벨트를 이용하여 배터리 케이스를 만들고 여기에 연결고리를 설치하여 사진 4와 같이 접힘상태에서 MWC 프레임에 고리를 전후 MWC를 사용 상태로 확장시키면 양 프레임이 고리를 당겨 배터리를 지상 10cm 높이로 프레임에 매달리게 된다. 벨트의 손잡이를 만들어 분리 및 설치시에 편리하도록 하였다.

(4) 제어 장치 모듈

전동 모드와 수동 모드의 전환은 기존 브레이크 레버와 클러치를 연동시켜 레버가 후진 위치에서 계동, 중립 위치에서 수동모드, 전진위치에서 전동모드가 되도록 하였다.

저속주행과 고속주행 모드의 전환은 모터의 2단자 방식을 이용하여 토글 스위치로 고속단자와 저속단자를 전환하도록 하였으며 전.후진 및 속도조정은 조이스틱 제어에 의한 PWM 방식을 채택하였다.



사진 4. 접힘상태의 INMEL-5

특히 방향제어는 주행중에 회전속의 모터를 감속시켜서 실현시켰으나 정지 중에는 회전 반경을 최소로 하기 위하여 좌우바퀴를 역회전 시킬 필요가 있었고 또한 본 PWC 는 궁극적으로 차방에 탑재를 위하여 장애자가 PWC 에서 운전석 좌석에 이송한 후 반대편 도어쪽으로 자동주행을 목적으로 하고있기 때문에 원보드 프로세서를 이용하여 정지중과 주행중을 판별한후 모터의 회전 방향과 회전 속도에 비례한 펄스폭을 출력하도록 하고 배터리의 감시 및 기타의 정보까지 장애자에게 표시하도록 하였다.

4. 제어 시스템의 H/W 와 S/W 구성

제어 시스템의 구성은 그림 1.에서 도시한 것과 같이 차후 프로세서를 원칙화하기 위하여 80C31을 중심으로 조이스틱과 초음파 거리센서로 부터의 신호를 ADC0809로 받아 처리하였으며 바퀴의 회전각도를 알기위한 엔코더의 출력은 프로세서 자체의 타이머 카운터로 입력시키고 사용자의 명령은 10Key로 받아서 처리한다. 배터리의 감시는 A/D 1CH를 이용하여 영명 루틴의 마지막에 레벨을 읽어 표시하도록 S/W로 처리하였으며 PWM과 또한 LM339(Comparator x 4)를 이용하여 1개의 비교기 소각파를 만들고 이 삼각파를 2개의 비교기에 공급하여 프로세서의 출력에 비례한 DC레벨을 출력하는 DAC의 값과 비교한 펄스폭을 출력하도록 하는 H/W와 S/W의 혼합형을 사용하였다.

POWER DRIVE 회로는 4개의 소자를 이용하여 방향조정과 속도 조절을 하던 방식을 개방하고 PWC가 어느 경우에 벽에 부딪히거나 과부하 기동시 대전류에 의한 스위칭 소자의 파괴를 막기 위하여 POWER MOS소자를 그림 3과 같이 병렬로 구성하였으며 회전방향 절환은 두점점 리치형 릴레이를 이용하여 실현하였다.

방향제어는 8bit A/D 0809 4CH를 이용하여 조이스틱의 4방향 위치데이터를 읽은 후에 하위 5 bit를 mask하여 full step을 8단계로 구분해서 PWM 파형 출력코드를 발생시킴으로써 한쪽 바퀴에 속도명령 3 bit, 회전방향 명령 1 bit로 구성하여 좌우 바퀴를 1 byte 출력으로 제어할 수 있도록 80C31의 P1 PORT 전체를 할당 하였다.

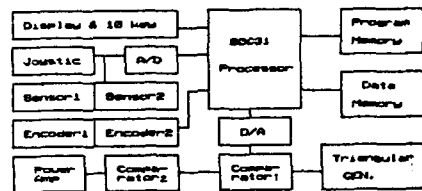


그림 1. 제어 시스템의 구성

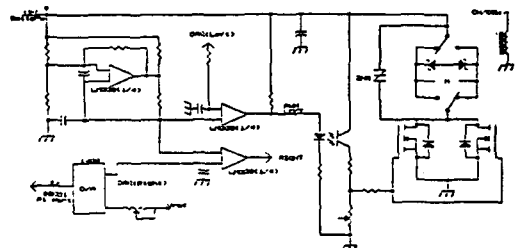


그림 2 전력 증폭 및 회전방향 전환회로

또한, 조이스틱에 의한 직접 제어시에는 PWC의 관성과 마찰 등에 의해서 그림 4의 (A)와 같이 조이스틱 변위의 중단부에서 모터 속도의 60% 이상이 변화되고 있어서 그림 (B)와 같이 조이스틱 변위에 대한 PWM 출력명령을 출력코드 테이블에 의한 인덱스 모드로 처리하여 계량을 시도 하였다.

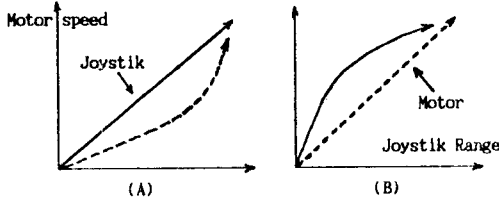


그림 3. 직접제어와 프로세서 제어의 비교

### 5. 실험 및 평가

INMEL-5에 추가된 전동화 장치의 총 중량은 배터리(8.8 Kg) 제외 5Kg으로 경량이었으며 수동/전동의 전환이 용이하였고 45cm 폭으로 (기존 25cm) 넓어서 소형차에 탑재가 가능하였다.

주행 최고 속도는 사무실, 복도 등의 저속모드에서 2.0km/h 이었으며 실외의 아스팔트 노면에서 3.6km/h로 주행할 수 있었다. 사무실 내에서는 원점회전 등 주행성이 양호 하였고 약 20도 정도의 경사도로에서 배터리에 의한 무게중심의 안정으로 주행 안정성이 크게 증가하였다.

40AH의 배터리는 1회충전으로 평균 6시간 사용이 가능 하였으며 탑재 중에도 차량의 전원을 이용하여 충전이 가능하므로 충전을 위해 대기하는 시간을 감소할 수 있었다.

모터 드라이브 회로에서 회전방향 전환을 위해 사용한 릴레이의 소비전력을 우려 하였으나 실험 결과 PWC는 대부분의 주행이 전진 방향이며 후진의 경우는 주행시간이 짧고 헛수가 적어서 레지형의 릴레이는 소비전력이 적었다.

조이스틱의 변위에 따른 모터 스피드의 선형성은 그림 3.의 (B)에 근사하여 추종성이 우수하였으며 다밍본형의 4개의 스위칭 소자를 사용한 회로 보다 2개의 병렬 TMOs와 릴레이를 사용한 개량 회로가 Rds(ON) 등이 낮아 최대 허용 전류가 크고 전력소비를 감소 시키고 있었다. 또한 상호 역방향으로 연결된 다이오드는 Back EMF를 제거하여 과전류에 의한 열발생이 효율적으로 제거되고 있었으며 출력 속의 Snubber 회로 또한 비크 전류를 감소시켜 열 발생을 억제하고 있어서 설계된 회로가 적합함을 확인할 수 있었다.

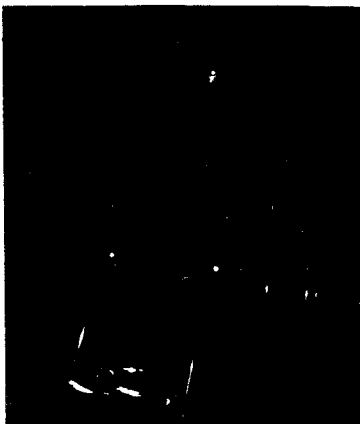


사진 5. 사용중의 INMEL-5

### 6. 결론

설계된 시스템의 최종목표는 장애자의 여러 잔존 신체기능에 최대한으로 적응시킬 수 있는 다기능 전동 휠체어의 설계에 있으며 본 연구는 1 단계 연구로서 경량, 염가의 PWC를 설계 하고 이의 부피를 가변시켜서 차량의 운전자 열과석에 적재 하고자 하는 것이었다. 이러한 의도에 실험 및 평가 결과가 근접하고 있는 것으로 평가되었으며 조이스틱 변위에 따른 모터의 속도 추종과 S/W에 의한 소프트 스타트와 소프트 스톱 가능, 그리고 급격한 속도나 방향 조정에 의해 발생하는 역기전력의 흡수등 저속 과부하 상태에서도 스위칭 소자에 열발생이 없이 잘 동작 하였다. 단지 수동 모드에서 PWC가 정지하기 전에 전동 모드로 전환하면 바퀴가 구동부에 무리한 충격을 가하게 되어 고장의 원인이 되고 있어서 계량을 필요로 하였다.

이 연구의 최종 목표를 달성하기 위해서는 장애자가 차량에 이송한 후 PWC가 반대편 도어로 자동주행 하면, 차량에 설치된 원치에 의해 적재되는 시스템 등이 진행되어야 하므로 먼저 계속 연구 중에 있다.

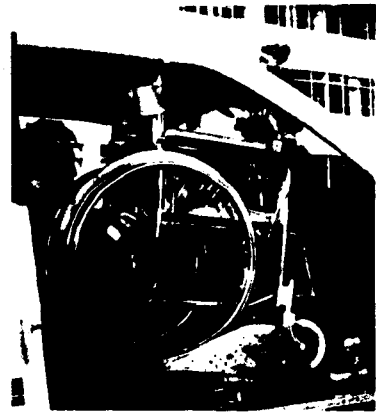


사진 6. 적재된 INMEL-5

### 6. 참고 문헌

1. C.GERALDWARREN, " Wheelchair: How they are used ", ENGINEERING IN MEDICINE ANDBIOLOGY, Vol.1, NO.4, 1982, pp.26-30
2. DURIE, N.D. etal, " Measuring the Charge Condition of Wheelchair Batteries", Med. & Bio. Eng. & Comp. 1985, No. 22
3. 梨原 宏, " 車いす設計項目の分析とその応用例 ", 리하工学カンファレン스 論文集(1989), pp.43-46
4. 戸渡富民宏, 等 "頸髄損傷者の自動車運転を可能とする工夫" 리하 工学 칸파린스論文集(1989), pp.85-88
5. 정동명, 홍승홍, " 응답형 음성제어 전동휠체어(INMEL-1)의 설계 ", 대한의용생체공학회, Vol.8. NO.2, 1987
6. 鄭東明, 張元碩, 洪勝弘, " 顧客型 音聲制御 システムを用いた電動車 椅子の設計 ", 第 27回 日本 M E 學會 論文集, Vol. 26, 1988
7. 최상순, 정동명, 홍승홍, " 단속 음성명령에 의한 전동휠체어 (INMEL-3) 제어시스템 설계 ", 대한 전자공학회 하계 종합 학술대회 논문집, Vol. 12, NO. 1, 1989