

차량 탑재용 전동휠체어(INMEL-5)의 설계(1)

정 동 명 · 홍 승 홍

The Design of a "Motorized Wheelchair(INMEL-5)" for Loading in the Car

D. M. Jeong, S. H. Hong

- Abstract -

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. Experimental results of the system approach our purpose, which is improved maneuverability, safety and can be loaded.

1. 서 론

Manual Wheelchair(MWC)는 가볍고 염가이며 접을 수 있어서 일반적인 보행 보조수단 일 뿐만 아니라 차량을 이용하는 장애자에게 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 탑재가 곤란한 단점을 가지고 있다.^(3, 4)

이러한 양자의 단점을 보완하기 위해서 그 동안 개발해 온 시스템들^(5, 6) 보완하여 MWC에 쉽게 장

착할 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 시스템이다.⁽⁷⁾ INMEL-5호와 구동부는 유사하나 배터리를 양단 프레임에 고정하고 있어서 접힘기능이 없고 전동모드에서 수동모드로 전환이 불가능하므로 고장이나 배터리의 과소모시 문제 해결이 어렵다.

이러한 단점을 개량한 것이 사진1의 INMEL-4호로써 구동부를 모듈화하고 이 구동모듈을 다시 위치 변환 모터로 제어하여 구동력을 바퀴에 전달하거나 차단될 수 있도록 하여 문제를 해결하였으나 실험 결과는 전동 모듈의 중량에 의해서 무게 중심이 후면으로 이동되므로 경사면에서 장애자의 안정성을

<접수 : 1990년 4 월30일>

인하대학교 전자공학과

Dept. of Electronics, INHA UNIV.

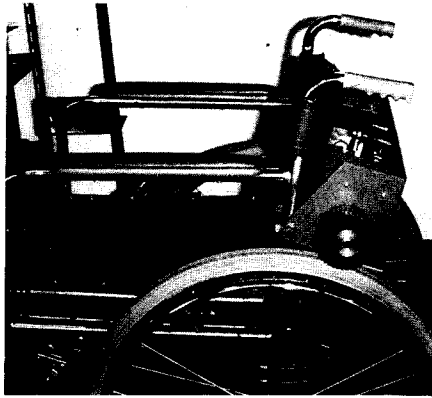
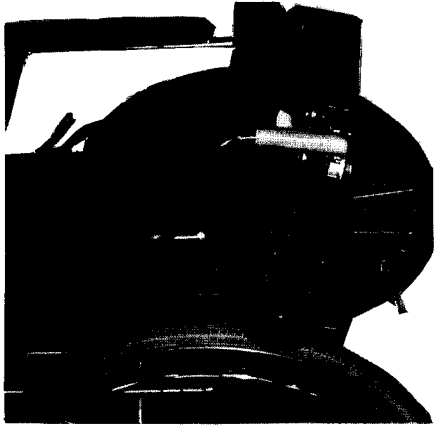


사진 1 INMEL-4의 구성
Photo. 1 Configuration of INMEL-4

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%(8.8kg)를 점유하는 배터리 모듈을 탑재할 때 쉽게 분리 할 수 있도록 INMEL-5호를 설계하였다.

3. 시스템의 기본 구성

INMEL-5호는 사진2와 사진3에 나타난 것과 같이

전동장치모듈과 구동장치 모듈, 전원장치 모듈, 제어장치 모듈 등 4개의 모듈로 구성되며 각 모듈의 구조와 기능은 다음과 같다.

3.1 전동장치 모듈

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

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

3.2 구동모터 모듈

12V 3.5A 모터와 워엄 감속기가 일체로 된 동일축상에 탄담형 클러치를 설치한 구동모듈을 MWC의 후부 돌출 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 고정편을 삽입하였다.

3.3 전원 장치 모듈

외형과 내구력등을 고려하여 금속과 비금속의 케

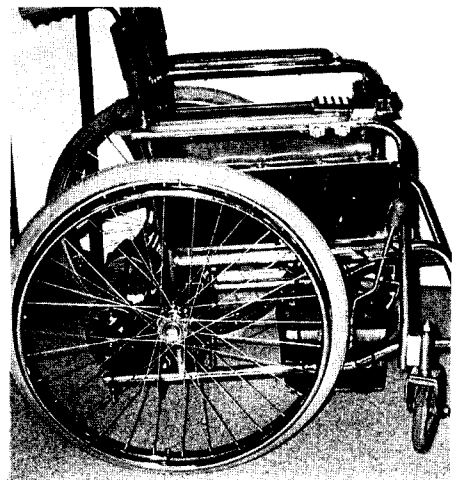


사진 2 INMEL-5의 구성
Photo. 1 Experimental prototype of INMEL-5

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

3.4 제어 장치 모듈

전동 모드와 수동 모드의 전환은 기존 브레이크 레버와 클러치를 연동시켜 레버가 후진 위치에서 제동, 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 PWM방식을 채택하였다.

특히 방향제어는 주행중에 회전축의 모터를 감속시켜서 실현시켰으나 정지 중에는 회전 반경을 최소로 하기 위하여 좌우바퀴를 역회전시킬 필요가 있었고 또한 본 PWC는 궁극적으로 차량에 탑재를 위하여 장애자가 PWC에서 운전석 좌석에 이송한 후 반대편 도어쪽으로 자동주행을 목적으로 하고있기 때문에 원보드 프로세서를 이용하여 정지중과 주행

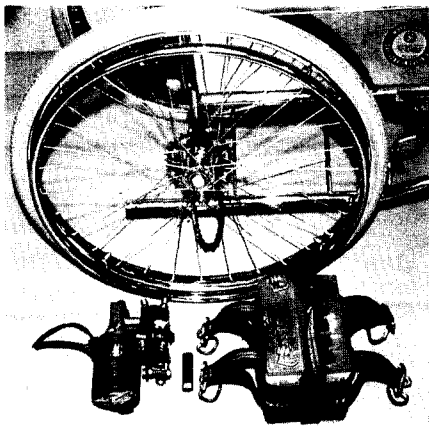


사진 3 각 모듈의 구성
Photo. 1 Modularized architecture

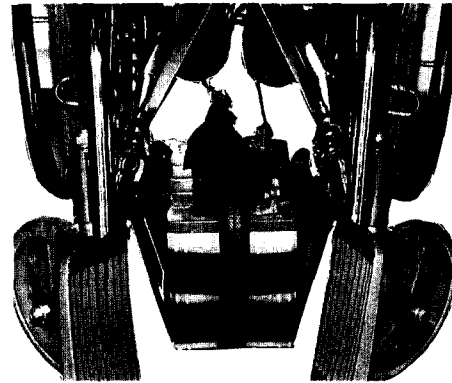


사진 4 접힘상태의 INMEL-5
Photo. 1 Configuration of INMEL-4

중을 판별하도록 하고 배터리의 감시 및 기타의 정보까지 장애자에게 표시하도록 하였다.

4. 제어 시스템의 H/W와 S/W 구성

제어 시스템의 구성은 그림 1에서 도시한 것과 같이 차후 프로세서를 워칩화하기 위하여 80C31을 중심으로 구성되어 있으며 주행모드는 사용자의 장애 형태에 적응하기 위하여 조이스틱 제어모드와 자동주행 모드로 구분하였다.

4.1 조이스틱 제어모드

조이스틱과 초음파 거리센서로 부터의 신호를 ADC0809로 받아 처리하였으며 바퀴의 회전각도를 알기 위한 엔코더의 출력은 프로세서자체의 타이머 카운터로 입력시키고 사용자의 명령은 10Key로 받

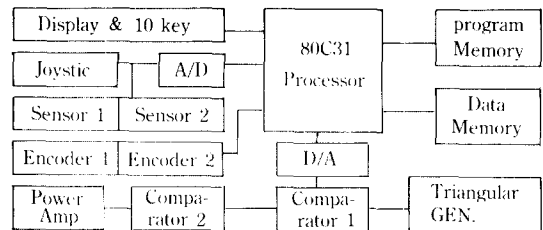


그림 1 제어 시스템의 구성
Fig. 1 Architecture of control system

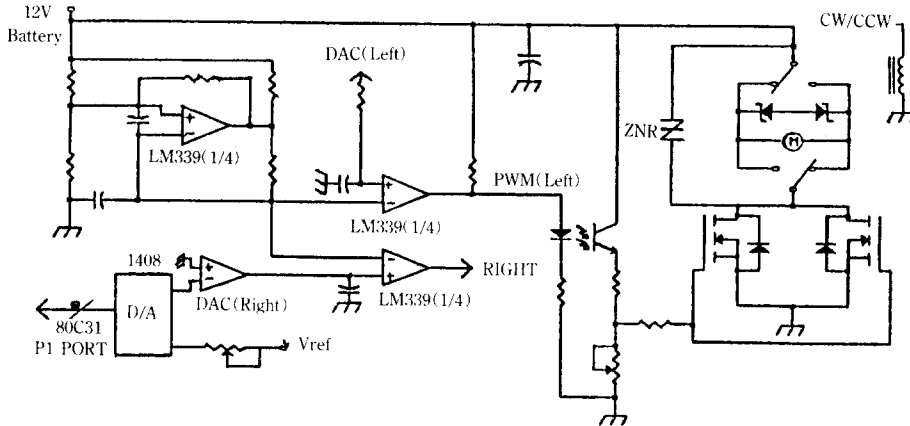


그림 2 전력증폭 및 방향제어
Fig. 2 Power amp. & direction control circuit

아서 처리한다. 배터리의 감시는 A/D 1CH을 이용하여 명령부턴의 마지막에 레벨을 읽어 표시하도록 S/W로 처리하였으며 PWM과 또한 LM339(Comparator×4)를 이용하여 1개의 비교기로 삼각파를 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 속도조정을 하던 방식을 개량하고 PWC가 어는 경우에 벽에 충돌하거나 과부하 기동시 대전류에 의한 스위칭 소자의 과피를 막기 위하여 POWER T MOS소자를 그림 2와 같이 병렬로 구성하였

으며 회전방향 절환은 두점접 래치형 릴레이를 이용하여 실현하였다.

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

또한 조이스틱에 의한 직접 제어는 PWC의 관성과 마찰 등에 의해서 그림 3과 같이 조이스틱 변위의

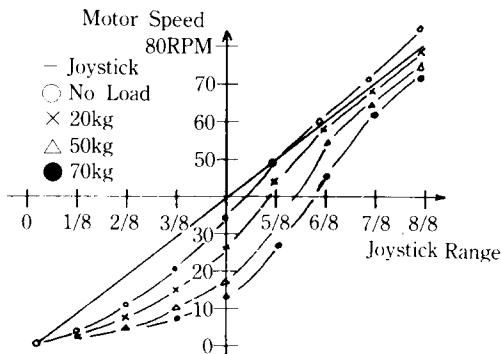


그림 3 속도 제어의 비선형성
Fig. 3 Nonlinearity of speed control

표 1 속도 및 방향전환 변환표

Table 1 Part of L. U. T. speed & direction control

I N P U T	Y A X	INPUT VALUE OF X AXIS								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
F		8E	8E	AE	AE	CE	CE	EE	EE	EE
E		8C	8C	8C	AC	AC	AC	CC	CC	CC
D		6A	6A	6A	6A	8A	8A	AA	AA	AA
C		68	48	48	48	68	68	88	88	88
B		46	26	26	26	46	46	66	66	66
A		24	24	24	24	24	24	44	44	44
9		0E	0C	0A	08	06	04	04	44	40
8		FE	DC	BA	98	76	54	00	00	00
7		0D	0B	09	07	05	03	00	00	00
6		39	39	37	37	35	35	35	33	33

종단부에서 모터속도의 60% 이상이 변화되고 있어서 표 1과 같이 조이스틱변위에 대한 PWM 출력명령을 출력코드 테이블에 의한 인덱스모드로 처리하여 개량을 시도하였다.

4.2 자동주행모드

자동주행 모드는 음성과 단축키에 의한 명령으로 ①좌측벽 평행주행 ②우측벽 평행주행 ③중앙선 추출주행 ④장애물 우회 중행 ⑤회전기준점 맵 방식의 주행모드를 설정하고 있다. 이 방식의 목적은 장애자가 휠체어에서 차량으로 이송한 후에 반대편 좌석에 휠체어를 신기 위하여 독립 주행하거나 일반 주행시 사용자의 명령을 줄이고 안전성을 향상시키기 위한 것으로, 변환표 1.를 중심으로 작성된 속도와 방향 명령의 맵에 의한 내부 순차 명령으로 주행된다.

위치와 거리 정보를 수집하기 위한 피드백 루프로써 전동체인에 설치한 좌우 2개의 엔코더는 80C31의 Timer/Counter T0와 T1에 입력하여 엔코더 출력펄스를 카운트한다. 1펄스의 거리는 직경 60cm 바퀴에 기어의 잇수가 28개이므로 약 6.5cm 분해능을 유지하며 측면 전후의 초음파 센서는 그림 4와 같이

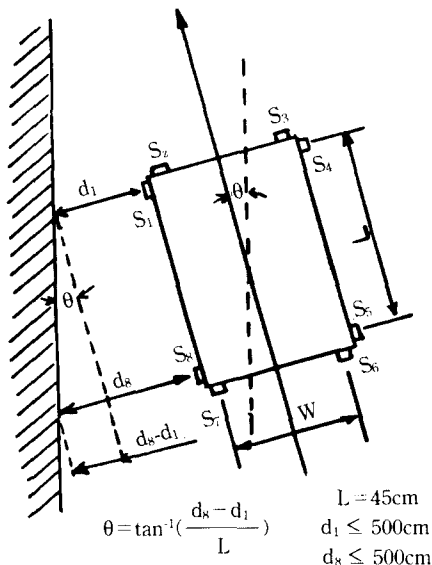


그림 4 평행주행 알고리즘
Fig. 4 Algorithm of parallel drive

벽과의 거리를 인식하기 위하여 기준 레벨값과 비교한 후 부호가 (-), 이면 접근, (+)이면 이탈을 반복하여 진행하며 맵에 의한 주행중의 누적 오차와 현 위치의 판단은 갑작스런 수신레벨 변화가 있을 경우 갈림길로 판정하여 메모리의 기준거리와 일치한 것으로 수정하고, 다음 회전점 까지의 거리 데이터를 세트하여 목적지를 식별한다.

5. 실험 및 평가

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

주행 최고 속도는 사무실, 복도 등의 저속모드에서 2.0Km/h이었으며 실외의 아스팔트 노면에서 3.6 Km/h로 주행 할 수 있었다. 사무실 내에서는 원점 회전 등 주행성이 양호하였고 약 20도 정도의 경사도로에서 배터리에 의한 무게중심의 안정으로 주행 안정성이 크게 증가하였다.

40AH의 배터리는 1회충전으로 평균 6시간 사용이 가능하였으며 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

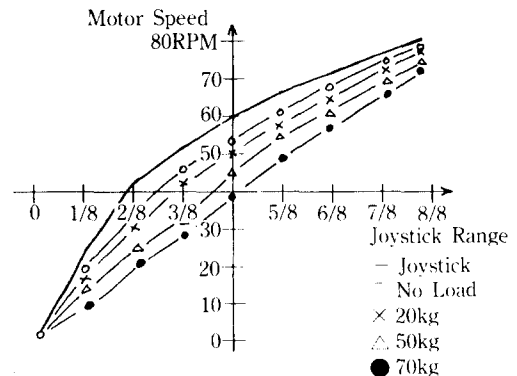


그림 5 개선된 속도제어 선형성
Fig. 5 Improved linearity of speed control

PWC는 대부분의 주행이 전진 방향이며 후진의 경우는 주행시간이 짧고 횡수가 적어서 래치형의 릴레이는 소비전력이 적었다.

조이스틱의 변위에 따른 모터 스피드의 선형성은



사진 5 사용중의 INMEL-5
Photo. 5 In use of INMEL-5

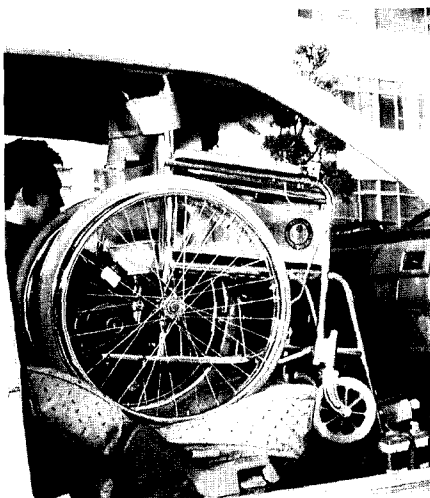


사진 6 적재된 INMEL-5
Photo. 6 Loaded INMEL-5

그림 5와 같이 선형성과 추종성이 우수하였으며 다링톤형의 4개의 스위칭 소자를 사용한 회로 보다 2개의 TMOS와 릴레이를 사용한 개량 회로가 Rds(ON) 등이 낮아 최대 허용 전류가 크고 전력소비를 감소시키고 있었다. 또한 상호 역방향으로 연결된 다이오드는 Back EMF를 제거하여 과전류에 의한 열발생이 효율적으로 제거되고 있었으며 출력 측의 Snubber회로 또한 피크 전류를 감소시켜 열 발생을 억제하고 있어서 설계된 회로가 적합함을 확인할 수 있었다.

자동 주행모드에서는 야외에서 초음파 센서의 흔들림과 반경 24cm의 180°C원점 회전시에 엔코더 펄스출력이 14개로써 약 10~15°C의 분해능을 갖는 오차가 가장 큰 원인으로 작용하고 있었다.

6. 결 론

설계된 시스템의 최종목표는 장애자의 여러 잔존 신체기능에 최대한으로 적응시킬 수 있는 다기능 전동 휠체어의 설계에 있으며 본 연구는 1단계 연구로서 경량, 염가의 PWC를 설계하고 이의 부피를 가변시켜서 차량의 운전자 옆좌석에 적재하고자 하는 것이었다.

이러한 의도에 실험 및 평가 결과가 근접하고 있는 것으로 평가되었으며 조이스틱 변위에 따른 모터의 속도추종과 S/W에 의한 소프트 스타트와 소프트 스톱기능, 그리고 급격한 속도나 방향 조정에 의해 발생하는 역기전력의 흡수등 저속 과부하 상태에서도 스위칭 소자에 열발생이 없이 잘 동작하였다.

단지 수동 모드에서 PWC가 정지하기 전에 전동모드로 전환하면 바퀴가 구동부에 무리한 충격을 가하게 되어 고장의 원인이 되고 있어서 개량을 필요로 하였다.

또한 자동주행 모드에서는 각종 센서모듈의 성능과 구동메카니즘의 효율이 복합적으로 작용하여 제어출력에 영향을 미치고 있으나 전용 시스템으로 효율 개선을 하면 보행부자유자의 독립성을 유지하는 보조 기구로써 활용이 가능 할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) C. GERALDWARREN, "Weelchairs : How they are used", ENGINEERING IN MEDICINE ANDBIOLOGY, Vol. 1, No. 4, pp. 26-30, 1982.
- 2) DURIE, N. D. etal, "Measuring the Charge Condition of Wheelchair Batteries", Med. & Bio. Eng. & Comp. No. 22, 1985.
- 3) 梨原宏, "車いす設計項目の分析とその應用例", リハ工學カンファレンス 論文集, pp. 43-46, 1989.
- 4) 戸渡富民宏, 等 "頸髓損傷者の自動車運転を可能とする工夫" リハ工學カンファレンス論文集, pp. 85-88, 1989.
- 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, "應答型 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 ME學會 論文集, Vol. 26, 1988.
- 7) 최창순, 정동명, 홍승홍, "단축 음성명령에 의한 전동휠체어(INMEL-3) 제어시스템 설계", 대한 전자공학회 하계 종합학술대회 논문집, Vol. 12, No. 1, 1989.