

인공지능 기법을 이용한 전동휠체어 시스템 설계 및 구현

The design & implementation of motorized wheelchair system using Artificial Intelligence

*강 성 인, *김 정 훈, *류 홍 석, *강 재 명, *이 상 배
Kang Sung in, Kim Jung Hoon, Ryu Hong Suk,
Kang Jae Myung , Lee Sang Bae

요 약

현재 지금 생산되고 있는 대다수의 휠체어는 경량화에 초점을 맞춘 수동식과 밧데리와 전동기를 이용한 전동휠체어가 대부분이다 현재 국내에서 제품화된 휠체어들은 조이스틱을 이용한 운전방식을 사용하고 있고, 또한 휠체어의 동작을 지시하는 가장 중요한 부분인 컨트롤러를 수입에 의존하고 있다 실제 장애인들의 휠체어에 의한 이동시에 보이지 않는 장애물 또는 움직이는 장애물 등과 같은 주변환경과 휠체어 컨트롤러의 기능이 단순히 조이스틱 입력에 따른 휠의 회전비율에 따라 결정되기 때문에 장애인들의 이동시 안전에 많은 문제점이 있다 따라서 본 논문에서는 센서에 의해 주변환경을 인식하고 또한 지능제어 기법을 이용하여 이러한 동적 환경에서 최적으로 휠체어의 동작을 제어 할 수 있는 인공지능형 휠체어 시스템을 제안하고자 한다. 그리고 설계된 휠체어 시스템에 전동휠체어의 제어 입력을 조이스틱 이외에 음성으로 제어할 수 있는 기능을 시스템에 추가하여 장애 정도에 따른 사용범위를 최대화 할 수 있도록 한다.

1. 서론

장애인들이나 지체 부자유자들이 가장 많이 사용하는 것 중의 하나인 전동휠체어를 이용하여 편리하고 안정적으로 이동 할 수 있도록 전동 휠체어에 대한 많은 연구와 개발이 되어지고 있다.

특히 기술의 개발로 인하여 음성에 의한 휠체어 제어와 구동방식을 사용하며, 거리감지 센서에 의한 주변 인식과 이동 뿐 아니라 CCD카메라를 이용한 자율 주행도 개발이 되어지고 있으며, 여러 방식의 입력 조작에 의한 휠체어의 동작 제어가 이루어지고 있다. 이러한 여러 방식의 전동휠체어의 제어 방법 가운데서 음성인식기능을 이용하여 전동휠체어가 이동할 때 이동 경로상에 장애물이 나타날 경우 장애물을 지능적으로 회피 할 방법이 필요로 하게된다.

본 논문에서는 음성 모듈과 조이스틱 두 가지 입력 장치를 이용하여 휠체어를 제어할 수 있는 인공 지능형 전동 휠체어 시스템을 구현하였다. 지능형 제어기로써 퍼지 제어기를 설계하여 마이크로 프로세서 80C196KC에서 구현하였으며, 또한 휠체어 전*후방에 부착된 초음파센서를 통한 장애물 감지와 회피 기능까지 제어기에서 구현되었다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서는 지능형 전동 휠체어 시스템의 구성과 초음파 센서 동작 및 장애물회피에 대해 살펴본 뒤 마지막으로 본 논문의 결론으로 끝을 맺는다.

2. 본론

본 시스템의 전체 모습은 그림 2에서 나타내었다. 이 시스템은 휠체어 Plant외에 모터구동 모듈, 거리측정 모듈, 메인 모듈, 음성인식 모듈로 4가지 모듈로 구성되며, 조이스틱과 음성 모듈, 두 가지 입력 장치 중에서 사용자의 선택에 의해 조이스

탁이나 사용자의 음성으로 휠체어가 동작된다. 인공지능형 전동휠체어의 구조와 기능은 다음과 같다.



그림 1. 지능형 전동휠체어의 외형도

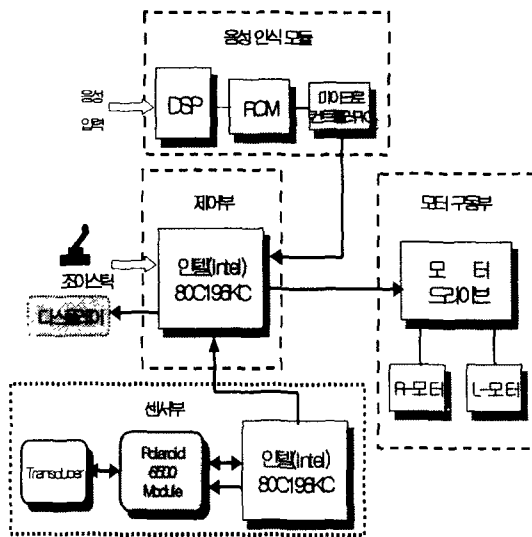


그림 2. 전체 시스템의 구성도

2.1 모터구동 모듈

휠체어 구동에 사용된 DC모터는 DC 24V전압을 이용하며, 연속 전류가 최대 8A이다. 또한 230W 일 때 출력 속도가 120RPM이고, 감속비가 1:30인 모터를 사용하였다.

모터 구동 드라이브 단의 구동 회로는 일반적으로 많이 사용하는 H브리지 회로로 구성하였다. 또한 드라이브단의 스위칭 소자로써 전압 구동형 소자인 n-channel Power MOS-FET(IRFP150N)

를 사용하였다. 그리고 Power MOS-FET의 스위칭 시 많은 전류의 흐름으로 인한 FET에 열이 발생하므로 방열판을 부착하여 열적 안정성을 도모하였다.

회로의 안전성을 확보하기 위해 포토 커플러를 사용하여 24V 전원을 사용하는 모터 드라이브단과 5V 전원을 사용하는 마이크로 프로세서 단을 전기적으로 분리시켰다.

2.2 메인 모듈

전체 시스템의 제어를 담당하는 부분은 주 프로세서인 80C196KC 마이크로 컨트롤러를 이용하였으며 휠체어 제어 알고리즘은 사용자가 조이스틱을 사용할 때와 음성입력을 사용할 때 두 가지로 나누어진다. 따라서 휠체어 제어 입력의 선택은 80C196KC의 두 개의 외부인터럽트(EXTINT, EXTINT2)에 SW1(조이스틱 모드)과 SW2(음성 입력 모드)를 연결하여 사용자가 선택할 수 있도록 하였다.

그림 3은 조이스틱으로 휠체어를 조작하는 경우 제어알고리즘의 순서도 이다. 마이크로 컨트롤러 80C196KC의 입력포트와 초음파 센서 입력단자, LCD등 휠체어 시스템을 초기화시킨 후, 사용자가 SW1을 눌러 외부인터럽트(EXTINT)를 발생시키면 조이스틱 모드가 선택되어 입력포트 P0.0~P0.3를 통하여 조이스틱의 값을 읽어들이는다.

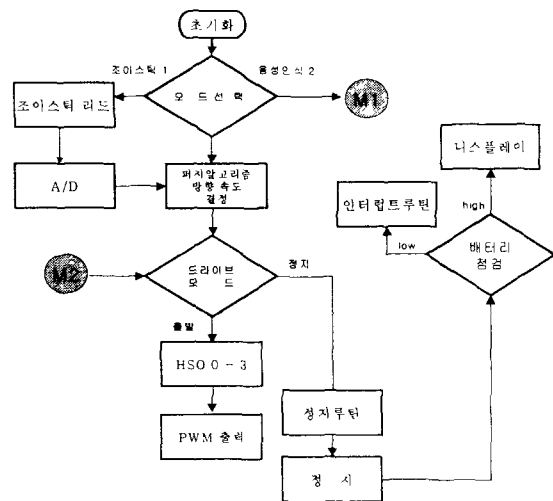


그림 3. 조이스틱으로 동작하는 경우의 순서도

읽어들인 조이스틱의 아날로그의 입력값을 내부적으로 디지털 값으로 변환하고, 제어알고리즘을 통하여 속도와 방향을 결정하게 된다. 그리고 HSO.0~3 포트를 통하여 PWM 신호를 출력하게 된다. HSO 0,2는 왼쪽 모터 드라이브 단의 제어 출력 신호로 나가게 되고, HSO 1,3은 오른쪽 모터 드라이브단 제어 출력신호로 각각 출력하게 된다. 드라이브 모드에서 정지를 할 경우 속도를 1/2로 줄이게 되고 감속 루틴을 통해서 정지하게 된다. 정지 경우 배터리를 체크하게 되고 디스플레이를 한다.

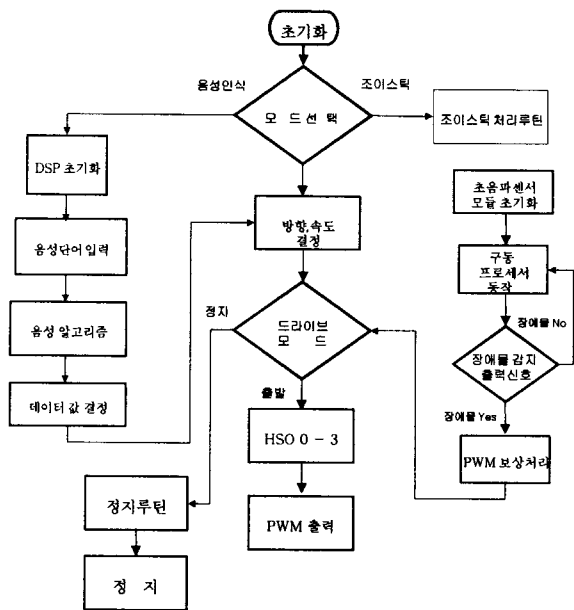


그림 4. 음성입력으로 동작하는 경우의 순서도

그림 4는 음성인식으로 동작하는 경우의 순서도를 나타내었다. 조이스틱 모드와 동일하게, 휠체어 시스템의 각 포트 및 센서 등을 초기화시킨 후 사용자가 SW2를 눌러 음성인식 모드를 선택하면 포트1을 통하여 8bit 음성인식 데이터 값을 읽어들이는다

음성인식 데이터 값은 TMS320C32를 이용하여 직접 제작한 음성인식모듈의 인식 결과값이다. 음성인식의 대상은 사용자의 음성으로 인식단어 “앞으로”, “뒤로”, “좌로”, “우로”, “천천히”, “빨리”, “정지”, 7개의 단어이다. 실제 음성인식의 전처리 과정은 LPC Cepstrum에 의하여 특징을 추

출했고, 인식알고리즘으로는 DTW (Dynamic Time Warping)을 사용한 화자독립형 인식 시스템이다.

7개 단어로 이루어진 음성인식 결과를 입력받아 제어 알고리즘을 통하여 속도와 방향을 결정하게 된다. 그리고 HSO.0~3 포트를 통하여 PWM 신호를 출력하게 된다.

2.3 휠체어 시스템의 퍼지 제어기 설계

퍼지 제어는 제어대상의 동작에 대한 최소한의 지식만으로도 설계가 가능하고, 직관적이며 실행이 쉬운 장점이 있는 인공지능형 제어기이다.

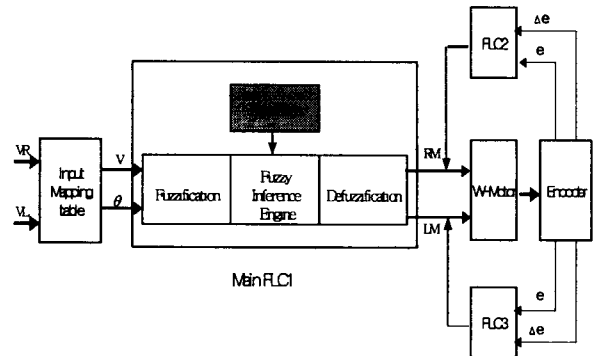


그림 5. 다기능 전동휠체어 시스템의 퍼지제어 블록도

본 연구에서의 전체 퍼지 제어 블록도를 그림 5에서 나타내었으며, 조이스틱 입력으로부터 2개의 전압값(VR,VL)이 나오는데, IMT(Input Mapping Table)에 의해서 조이스틱의 속도와 각도가 출력하게 된다. 이 두 입력은 주제어기인 퍼지 제어블록1에 들어간다. 퍼지 제어기는 어떤 현상의 불확실한 상태를 수량적 정보로 다루는 수학적 기법의 일종으로, 인간의 사고나 정의의 모호함을 정량적으로 해석하기 위하여 제안된 이론으로 membership함수가 도입되었다. 주 제어기에서 사용되는 membership함수는 아래와 그림 5과 같이 속도와 각도를 각각 나타내었고, 양모터의 출력 PWM인 membership함수도 나타내었다. 부제어기로 사용한 FLC1과 FLC2는 좌우 모터에서 출력된 encoder값을 보상하기 위해 사용되었으며, 보상된 에러값은 다시 모터부로 Feedback된다.

2.4 음성인식 모듈

마이크를 통하여 실시간 받은 음성 즉 아날로그 신호를 16비트 코덱을 통해서 디지털 신호로 바꾸어 준다. 이때 많은 데이터가 입력이 되기 때문에 빠른 데이터의 신호처리를 필요로 하는 프로세서가 필요하다. TI(Texas Instruments)사의 플로팅 포인트 DSP(Digital Signal Processor)인 TMS320C33를 사용하여 음성데이터를 처리하여 모터제어 컨트롤러인 80C196KC를 통하여 전동휠체어 모터의 속도 및 방향제어를 하게 한다.

2.5 거리측정 모듈

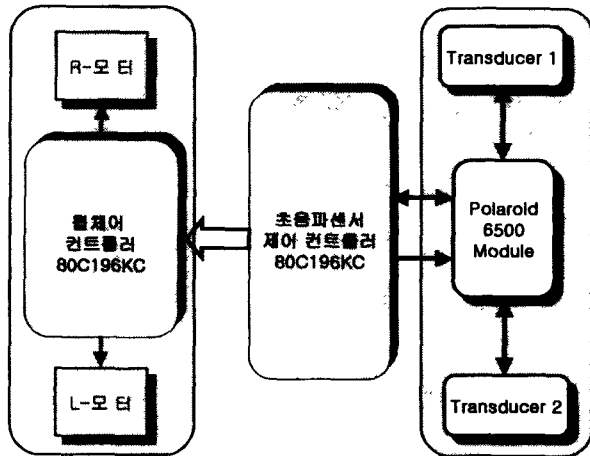


그림 6. 초음파 센서의 신호 흐름도

그림 6는 초음파 센서의 신호처리를 나타낸 것으로 전동휠체어의 전방과 후방에 장애물 감지를 위해서 사용된 초음파 센서 모듈을 살펴보면은 측정범위는 15[Cm]~1000[Cm], 오차범위 1[%], 지향각 12° 를 가지는 폴라로이드사의 6500시리즈 모듈을 사용하였다. 초음파 센서 모듈의 구동을 살펴보면은 초음파 센서 신호는 80C196KC P1.0~P1.3 통하여 트랜스듀서 구동드라이브에 전달되며 수신신호는 HSI(high speed input)0~3를 통해 입력되어진다. 이 신호를 이용하여 물체를 감지하며 물체까지의 거리를 계산한다. 그리고 출력 신호는 음성인식 모듈의 주 구동 제어기의 입력포트 P1의 단자로 입력되어진다. 초음파 센서에서의 거리를 측정하는 방법은 INIT 신호가 High가 된 시간과 ECHO신호가 High로

변하게 된 시간의 차를 Δt 의 시간차를 알면 거리를 구할 수 있다. 시간차 Δt 는 거리에 따라 비례적으로 증가한다. 물체와의 거리는 TOF(time of flight) 방법을 사용해서 거리 D는 식 (1) 과 같다.

$$D = \frac{\Delta t \cdot V}{2} \quad (1)$$

V : 공기중 초음파의 전파속도, Δt : 시간차.

2.6 장애물 회피

장애물 회피에 적용된 퍼지 제어기의 규칙 설계에서 가장 중요한 요소는 전동휠체어 앞과 뒤에 배치되어 있는 3개의 초음파 센서의 값을 이용하여 장애물을 회피하게 하였다. 그림 7은 휠체어가 센서의 입력 값에 따른 모터의 방향 결정의 순서도를 나타내고 있다.

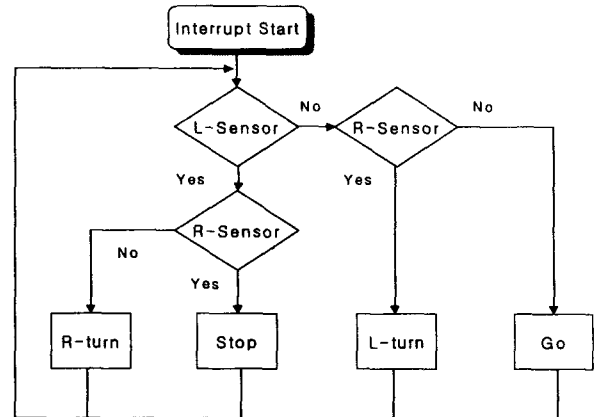


그림 7. 방향 결정 순서도

장애물이 감지되었을 경우 센서에 들어온 신호의 값을 미리 측정하여 데이터로 추출한 값을 16진수의 거리 값으로 변환하여 주 제어기포트 P1로 입력되어 퍼지제어기에 의해서 장애물을 회피한다.

왼쪽과 오른쪽의 센서의 거리 입력 값에 따른 퍼지 멤버쉽 함수는 S(Slow), M(Middle), B(Big)로 하여 각각 왼쪽과 오른쪽의 모터의 출력은 PWM 신호로 출력하게 하여 입력 값에 따라서 모터의 회전속도를 제어하였다.

그림 8은 초음파 센서 모듈에서 INIT 신호와 ECHO 신호를 2m 거리에서 측정한 파형이다.

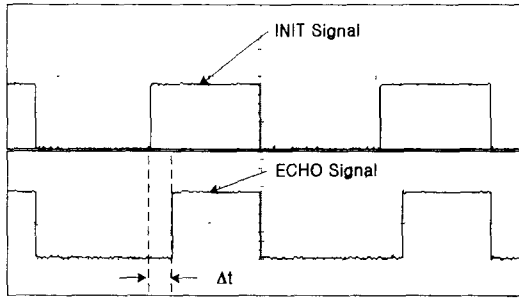


그림 8. 2m 거리의 INIT, ECHO 측정 신호

그림 8은 초음파 센서를 통하여 1m 거리에서의 장애물이 검출되었을 때에 왼쪽 PWM 출력의 듀티 비를 측정하는 것이다.

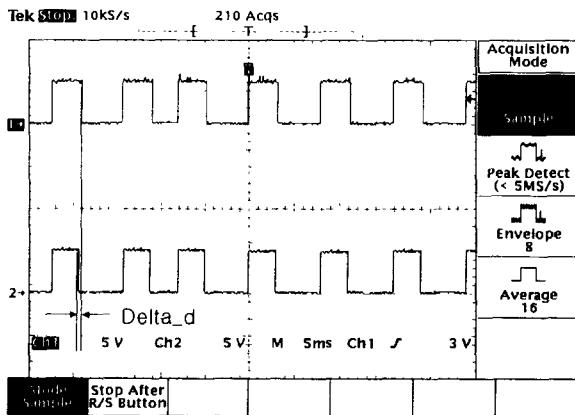


그림 9. 왼쪽 PWM 출력 파형

3. 결론

본 논문에서는 전동휠체어를 이용하여 모듈별로 시스템에 맞게 설계하여 실제 시스템에 적용하여 구동하였으며, 제어기로 사용된 조이스틱과 음성인식 모듈로 휠체어를 구동했으며, 음성인식 모듈로 전동휠체어가 주행 중에 장애물이 나타났을 경우 휠체어의 정지 및 회피를 실험한 결과 빠른 속도로 주행할 경우 안정성에 조금은 문제가 되었으나 저속에서 휠체어가 주행할 경우엔 장애물의 회피는 원활히 동작함을 확인 할 수 있었다.

향후과제로는 휠체어의 동작 중에 장애물의 감지의 범위를 확대하기 위하여 초음파 센서 보다 나은 장치를 사용하여 넓은 범위의 환경인식을 인

식하며 좀더 세밀한 퍼지알고리즘의 규칙을 세워 안정적인 휠체어 동작 및 휠체어제어를 이루어야 하겠다.

참고문헌

- [1] 최인구, 이응혁, “전동휠체어의 벽면추종 기법에 관한 연구”, 의공학회지, 1994.
- [2] 변증남, “퍼지 논리 제어” 홍릉출판사 1997.
- [3] 정동명, 홍승홍, “차량 탑재용 전동휠체어 (INMEL -5)의 설계”, 의공학회지, 1990.
- [4] Ren C. Luo, Chi-Yang Hu, Tse Min Chen, “Force Reflective Feedback Control for Intelligent Wheelchair ” Proceedings of the 1999 IEEE.
- [5] H.R. Sing, Abdul Mobin, Sanjeev Kumar, “Desige and development of voice/joystick operated micro controller based intelligent mototised wheelchair”. IEEE, 1999.
- [6] Ruei-Xi Chen, Liang-Gee Chen “System Design Consideration For Digital Wheelchair Contoller”. IEEE, 2000,