

工學碩士 學位論文

인공지능형 전동휠체어의 제어기  
설계 및 구현에 관한 연구

A Study on the Design and Implementation of the  
Controller for Artificial Intelligent Motorized Wheelchair

指導教授 李 尙 培

2003年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

姜 在 明

本 論 文 을 姜 在 明 의  
工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長      梁 圭 植      印

委      員      沈 俊 煥      印

委      員      李 尙 培      印

2003年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科

# 목 차

Abstract .....	i
제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 퍼지이론 .....	3
2.1 퍼지이론의 개요 .....	3
2.2 퍼지추론 .....	5
2.3 다변수 구조 퍼지 제어 시스템 .....	9
제 3 장 음성인식 이론 .....	13
3.1 특징벡터 .....	13
3.2 음성인식 기법 .....	15
제 4 장 전동 휠체어의 인공지능 제어 시스템 .....	17
4.1 전원부 .....	17
4.2 모터 구동부 .....	19
4.3 초음파 센서부 .....	20
4.4 조이스틱을 이용한 제어 시스템 .....	22
4.5 음성인식 모듈 .....	33
제 5 장 인공지능형 전동휠체어 시스템의 구현 및 실험 ..	36
5.1 전동 휠체어 시스템의 구성 및 동작 .....	36
5.2 실험 및 결과 .....	41
제 6 장 결 론 .....	45
참고문헌 .....	46
부 록 .....	49

## Abstract

We designed a controller by applying an artificial intelligence to an electric wheelchair, which is generally used by the disabled, them to use the wheelchair conveniently.

In this paper, we applied a fuzzy logic, one of artificial intelligences, to a joystick and a voice recognition module, and implemented a control of wheelchair movements to develop an artificial intelligent electric wheelchair control system. Also, in order to change the speed of a wheelchair, depending on the sitters weight, we attached an encoder to the motor to receive signals, improving the non-linear changes into linear ones resulting from the weight.

The total system is an electric wheelchair basic plant, and we used 16-bit microprocessor 80C196KC in a control section to control the motor speed by joystick inputs. We also controlled the motor using voice recognition commands.

In the voice recognition, we used a voice recognition module, where TMS320C33 is attached, to send the recognized data to PIC, which sends data to 80C196KC to control the wheelchair. Furthermore, we used an ultrasonic wave sensor to sense obstacles, guaranteeing wheel chairs stability.

# 제 1 장 서 론

산업이 발달함에 따라서 인간의 행동을 대신해서 보다 편리함과 능률적인 일을 도모하는 지능을 가진 로봇의 사용이 보편화되고 있다. 이러한 지능적인 부분을 이용하여 장애인들의 이동 수단으로서 널리 사용되는 전동 휠체어에 적용하였다. 장애인이나 노약자에게 휠체어는 보행을 돕는 보조 수단으로서 많이 사용되고 있다. 선진국에서는 장애자들의 편의를 위해서 전동휠체어의 개발이 다양하게 연구되고 있으며, 장애의 정도가 심해서 조이스틱을 사용할 수 없는 사용자를 위하여 초음파 센서를 통한 주변인식과 음성인식 기술이나 카메라를 통한 화상 기술등을 이용하여 전동 휠체어를 동작시키는 연구, 개발이 이루어지고 있다 <sup>[1][2][3]</sup>.

현재 국내에서는 수동형 휠체어를 주로 사용하고 있으나, 점차 장애인의 편의를 위하여 전동휠체어의 수요가 점차적으로 늘어가고 있다. 국내 전동휠체어의 생산 시장은 소규모로 대부분의 제어기를 수입해서 조립해 판매하는 현실이며, 그리고 전동휠체어의 주요 부품인 컨트롤러를 수입에 의존하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 전동휠체어의 각 부분인 전원부, 모터구동부, 제어부를 모듈별로 구성하였으며, 전동휠체어가 이동시에 사람의 무게에 따라서 모터 회전속도가 비선형적으로 회전한다. 이에 사람의 무게에 따른 모터 속도의 비선형성을 선형적이 되도록 조이스틱 제어기에 퍼지이론을 적용하여 휠체어 모터 속도가 선형적으로 회전이 되도록 퍼지 제어를 구성하여 적용하였다. 그리고, 음성인식 모듈 사용하여 전동 휠체어가 음성 명령에 대하여 동작이 가능하도록 하였으며, 초음파 센서를 추가하여 장애물이 주행 경로 상에 나타날

경우에 정지 할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 6개의 장으로 구성하였으며, 1장은 서론이며, 2장에서는 전동휠체어 제어기에 적용된 인공지능 기법 중의 하나인 퍼지이론에 대하여 기술하였고, 3장에서는 음성인식의 전반적인 내용을 다룬 음성인식 이론에 대하여 기술하였다. 그리고 4장에서는 전동휠체어 시스템의 모듈별 설명과 전동휠체어의 제어기에 적용된 퍼지제어기의 설계에 대한 이론을 기술하였다. 제 5장에서는 인공지능형 전동휠체어 시스템에 퍼지이론을 이용한 시스템을 구축하고, 구축된 시스템의 실험 결과를 제시하였다. 끝으로 6장에서는 성능개선에 대하여 언급하고 앞으로의 연구에 대하여 제시하였다.

## 제 2 장 퍼지이론

인공지능 분야에서 인간의 생각이나 판단을 구현할 수 있는 이론으로는 퍼지, 신경망, 유전자 알고리즘 등이 있다.<sup>[5]</sup> 퍼지이론은 전문가시스템(expert system)적인 측면을 내포하고 있으며 지금까지의 고전제어기법과 현대제어기법의 어느쪽 과도 다른 제어기법이다. 또한 퍼지이론은 제어뿐만이 아니라 광범위한 공학분야를 걸쳐 응용될 수 있는 진정으로 「사람의 지혜」를 살린 기술이라 말할 수 있다.

### 2.1 퍼지이론의 개요

일반적인 제어시스템(Traditional control systems)은 제어대상의 수학적 모델을 알 수 있고, 모델이 선형(linear)적인 시스템에 대해서는 기존의 PID제어, 극배치제어, 최적제어 등의 제어기 설계기법을 적용하여, 폐루프시스템(close-loop system)이 원하는 성능을 발휘하도록 제어기를 설계하는 것이 일반적인 제어시스템이다.<sup>[6][7]</sup> 한편, 미지의 선형 시스템 제어기법으로는 적응제어기법(adaptive control method), 학습제어기법(learning control method) 등이 제시되고 있다.<sup>[8]</sup> 선형으로 근사화할 수 있는 비선형시스템은 선형 시스템 설계기법을 적용하여 어느 정도 원하는 성능을 얻을 수 있으나, 비선형성이 강하여 선형으로 근사화할 수 없는 경우에 대한 일반적인 설계기법은 소개되어 있지 않다. 그러므로, 한정된 분야에서만 적용되는 비선형 시스템 제어기법들이 소개되고 있다.<sup>[9][10]</sup>

숙련자 중심 시스템(Expert centered system)은 시스템이 크고 복잡하며 모델이 비선형이거나 모델을 얻을 수 없는 시스템은 기존의 제어기 설계기법으로는 자동화하기 어려우므로, 충분한 경험적 지식을 가지고 있는 숙련자가 시스템을 작동시킨다. 이러한 ‘숙련자 중심 시스템’의 특징은 숙련자가 현재의 조작량(제어량)을 결정하는데 경험적 지식을 활용하는 것으로 지능(학습능력과 판단능력)을 가지고 있는 사람이 시스템에 포함되어 있다는 것을 의미한다. 이와 같이 ‘숙련자 중심 시스템’을 자동화할 수 있는 방법의 하나는 제어기에 인공지능을 부여하여 숙련작업자를 흉내내도록 하는 것이다. 이러한 인공지능제어의 하나가 퍼지논리제어인 것이다.<sup>[11][12]</sup>

‘숙련자 중심 시스템’을 자동화할 수 있는 한 가지의 제어기법은 숙련자의 경험적 지식과 제어전문가의 지식을 활용하여 시스템 제어에 필요한 제어규칙을 기술할 수 있다는 것이다. 즉, 제어기에 판단능력을 보유하도록 하는 것이다. 제어기는 숙련작업자의 지식과 제어전문가의 지식을 어떠한 규칙 또는 데이터베이스를 기초로 하여 제어기가 그러한 규칙기반을 활용하여 주어진 편차에 대해 조작량을 판단 결정하는 기능을 가지게 하는 ‘숙련자 중심 시스템’과 같이 지능을 갖춘 시스템이 ‘퍼지 제어시스템’인 것이다.<sup>[13][14]</sup>

특히, 퍼지 제어기라는 것은 본질적으로 비선형적인 시스템을 대상으로 하는 비선형 제어기라고도 하다. 그러므로, 선형 시스템론과 같은 개념구성이 매우 어렵다. 그러나, 퍼지시스템은 넓은 클래스의 비선형성을 대상으로 하고 있으며, 퍼지시스템에서의 퍼지모델은 비선형 시스템의 특성을 복수개의 선형시스템의 조합으로 근사화하는 넓은 범위의 비선형 시스템을 대상으로 한다는 것이다. 그 외에도 모델의 기술방법 또한 종래의 것과 매우 다르다.<sup>[15]</sup>



종래의 기술은 정확한 수치를 이용하는 하나의 수식에 의해 기술되었고, 전제조건으로는 입·출력양과 시스템 파라미터를 분명히 알 수 있다는 가정, 게다가 시스템이 그러한 파라미터나 수식에 의해 지배된다는 가정 하에서 전개되는 것이고, 시스템측면에서 보면 확정적인 선형모델을 알 수 있고, 정보가 확실하다고 하는 가정 하에서의 이론인 것이다. 그러나, 실제 시스템에서는 어떤 모델도 실제 모델에 대한 근사치에 지나지 않고, 확률론적 모델로부터 얻어진 기대치에 불과한 어떤 경향적인 모델인 것이다. 그러므로, 시스템을 모델링할 때에는 근사치를 고려하여야 하며, 불확실하게 모델링된 시스템을 제어할 때에는 그 모델에 대한 적절한 제어기법이 필요하게 되는 것이다.<sup>[16][17]</sup>

## 2.2 퍼지추론

퍼지이론은 시스템 파라미터들 사이의 상관관계를 정량적으로 명확하게 규명하기가 힘들고 전문가의 경험에 의존하여 어느 정도 밝혀져 있는 경우에 매우 유용한 제어 알고리즘이다.<sup>[18]</sup>

본 논문에 사용할 퍼지추론법<sup>[18][19]</sup>은 일반적인 제어에 쉽게 사용되는 “*Mamdani's minimum fuzzy implication rule*”를 소개하고자 한다.

$$\begin{aligned}
 R^1 &: \text{IF } x \text{ is } A_1 \text{ AND } y \text{ is } B_1, \text{ THEN } z \text{ is } C_1, \\
 R^2 &: \text{IF } x \text{ is } A_2 \text{ AND } y \text{ is } B_2, \text{ THEN } z \text{ is } C_2. \quad (2.1)
 \end{aligned}$$

식(2.1)과 같은 퍼지제어규칙에 있어서 첫 번째 규칙의 연결강도를  $\alpha_1$ , 두 번째 규칙의 연결강도를  $\alpha_2$ 로 정의하면 식(2.2)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \mathbf{a}_1 &= \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \\ \mathbf{a}_2 &= \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \end{aligned} \quad (2.2)$$

식(2.2)에서  $\mu_{A_1}(x_0)$ 와  $\mu_{B_1}(y_0)$ 은 퍼지 규칙집합(rule-based)에서의 데이터와 입력으로 주어지는 데이터 사이의 소속되는 소속정도이다.

*Mamdani* 추론법에서  $i$ -번째 퍼지규칙(fuzzy rule)은 식(2.3)과 같이 정의된다.

$$\mu_{C_i}(w) = \mathbf{a}_i \wedge \mu_{C_i}(w) \quad (2.3)$$

최종적인 결론으로서의  $\mu_C(w)$ 는 식(2.4)와 같다.

$$\begin{aligned} \mu_C(w) &= \mu_{C_1} \vee \mu_{C_2} \\ &= [\mathbf{a}_1 \wedge \mu_{C_1}(w)] \vee [\mathbf{a}_2 \wedge \mu_{C_2}(w)] \end{aligned} \quad (2.4)$$

여기에서, 근사추론의 결과  $\mu_C(w)$ 는 퍼지값으로 실제 제어대상의 입력으로 사용할 수 없다. 그러므로,  $\mu_C(w)$ 를 실제 제어값으로 사용하기 위해서는 실수의 값으로 비퍼지화(defuzzification)하여야 한다.

일반적으로 *Mamdani*의 추론법에서는 식(2.5)와 같은 무게중심법(center of gravity method)을 주로 사용한다.

$$u = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_C(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_C(z_j)} \quad (2.5)$$

이러한 퍼지추론 과정을 도식적으로 나타내면 그림 2.1과 같다.

지금까지의 이론을 바탕으로 퍼지제어기를 설계할 때 결정해야 할 주요사항은 다음과 같다.<sup>[19][20]</sup>

① 퍼지제어기의 입·출력변수들과 그들의 퍼지값 결정

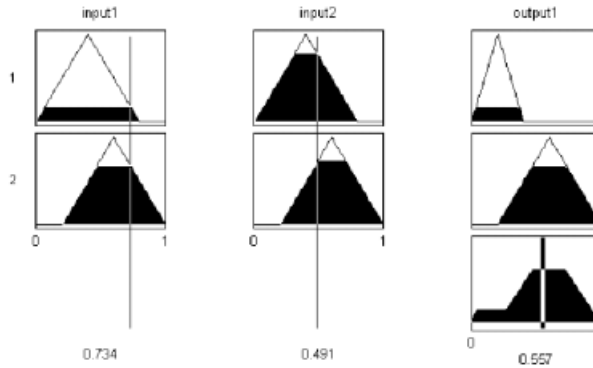


그림 2.1 2개의 규칙집합에 대한 퍼지추론

제어대상이 주어지면 제어대상의 입력인 퍼지제어기의 출력변수를 결정하고 제어방법에 종속하여 필요한 입력변수의 종류를 결정하여야 한다. 입·출력변수를 먼저 결정한 후, 입·출력 변수들의 언어값과 그 언어값에 대한 소속함수를 결정한다. 대부분의 퍼지제어기의 입력변수로는 편차, 편차의 미분, 편차의 적분, 상태변수 등이 사용된다.

② 지식기반(knowledge base)의 설계

프로세스 제어에 필요한 지식은 데이터베이스 또는 규칙기반으로 표현할 수 있으며, 여기에서는 if-then 형식의 퍼지함의(fuzzy implication)로 제어규칙을 기술하는 경우를 생각한다. 일반적으로 지식기반(제어규칙)은 숙련작업자의 지식정도와 제어전문가의 지식정도에 따라 다를 수 있다. 퍼지 제어규칙들은 if-then 형식으로 표현하면 제어정책을 쉽게 기술할 수 있으므로 if-then 형식의 제

어규칙이 가장 많이 사용된다.

### ③ 수치적인 입력변수값의 퍼지화방법 결정

일반적으로 입력변수인 오차( $e_0$ )는 수치적인 값이므로 추론과정에 직접 이용될 수 없으므로 입력변수인 오차( $e_0$ )를 퍼지값으로 변환하여 사용하여야 한다. 수치적인 입력값 오차( $e_0$ )를 퍼지값으로 변환하는 것을 퍼지화기(fuzzifier)라고 부른다.

### ④ 퍼지추론 방법의 결정

퍼지입력과 퍼지제어 규칙으로부터 제어량에 대한 퍼지값을 추론하기 위한 추론방법을 결정해야 한다. 추론법에는 무한치 논리를 기반으로 하는 추론법과 퍼지논리를 기반으로 하는 추론법이 많이 사용된다. 무한치 논리를 기반으로 하는 추론법은 합성에 의한 방법, Tsukamoto의 방법, Takagi와 Sugeno의 방법으로 분류할 수 있다. 합성에 의한 추론법에는 Zadeh의 방법, Mamdani의 방법, Larsen의 방법 등 40 여 가지의 방법이 있다.

### ⑤ 출력 퍼지값의 비퍼지화 방법의 결정

프로세스의 입력인 제어량은 수치적인 값이어야 하므로 퍼지값인 추론결과를 수치적인 실수값으로 변환하는 과정이 필요하며 이 기능을 수행하는 것을 비퍼지화기라고 부르며, 방법으로는 무게중심법, 간략화된 COG방법(simplified COG), 최대치 선택법(maxcriterion method), 최대치 평균법(mean of maxima method) 등이 있다.<sup>[11][21]</sup>

## 2.3 다변수 구조 퍼지 시스템

먼저 단일 입력, 단일 출력의 퍼지 시스템의 블록도를 나타내어 보면 다음과 같다.



그림 2.2 단일 입력 - 단일 출력 퍼지시스템

그림 2.2와 같이 단일 입력-단일 출력의 퍼지시스템은 아래와 같은 간단한 형태의 퍼지 규칙을 가진다.

```
IF X(1) THEN Y(1)
    ALSO
IF X(2) THEN Y(2)
    ALSO
    .
    .
    .
IF X(n) THEN Y(n)
```

여기서  $X(i)$  와  $Y(i)$ 는 언어적 규칙부의 가정과 결론부의 규칙들을

나타내고, n은 추론 규칙의 갯수를 나타낸다.

그리고, 입력 X와 관계행렬 R이 주어질 때 계산되는 출력값 Y는 다음과 같이 정의된다.

$$Y = X \circ R \quad (2.6)$$

이때 관계행렬 R은 다음과 같이 정의된다.

$$R = \bigvee_{i=1}^n \{ X_{(i)} \wedge Y_{(i)} \} \quad (2.7)$$

◦는 Max-Min 연산자이며,  $\bigvee$ 는 Max 연산,  $\wedge$ 는 Min 연산을 나타낸다.

다중 입력-다중 출력을 가지는 퍼지제어 시스템은 다음과 같은 형태의 퍼지 제어규칙을 가진다.

IF X1(1) AND X2(1) AND X3(1) THEN Y1(1) AND Y2(1)

ALSO

·

·

IF X1(i) AND X2(i) AND X3(i) THEN Y1(i) AND Y2(i)

ALSO

·

·

IF X1(n) AND X2(n) AND X3(n) THEN Y1(n) AND Y2(n)

여기서  $X_k(i)$ 와  $Y_j(i)$ 는 언어적 규칙부의 가정과 결론부의 규칙들을 나타내고,  $k$ 는 입력 변수의 개수,  $j$ 는 출력변수의 개수,  $n$ 은 추론규칙의 개수를 각각 나타낸다.

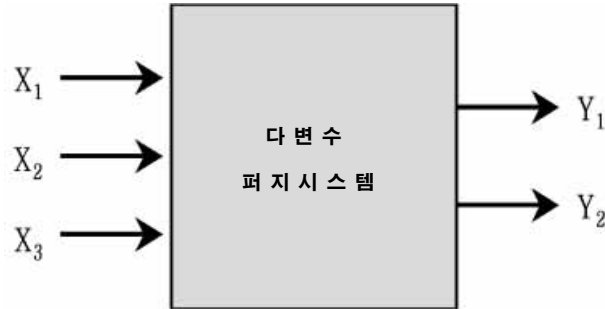


그림 2.3 다변수 퍼지시스템 블록도

그리고 입력  $X_k$ 와 관계 행렬  $R_{kj}$ 이 주어질 때 계산되는 출력값  $Y_j$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= X_1 \circ R_{11} \wedge X_2 \circ R_{21} \wedge X_3 \circ R_{31} \\
 Y_2 &= X_1 \circ R_{12} \wedge X_2 \circ R_{22} \wedge X_3 \circ R_{32}
 \end{aligned}
 \tag{2.8}$$

이때 각각의 입력  $X_k$ 와  $Y_j$ 에 대한 관계 행렬  $R_{kj}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$R_{kj} = \bigvee_{i=1}^n \{X_{k(i)} \wedge Y_{j(i)}\}
 \tag{2.9}$$

여기서,  $k=1, 2, 3, j=1, 2$

전체적인 퍼지 제어 시스템의 블럭도는 그림 2.4와 같다.

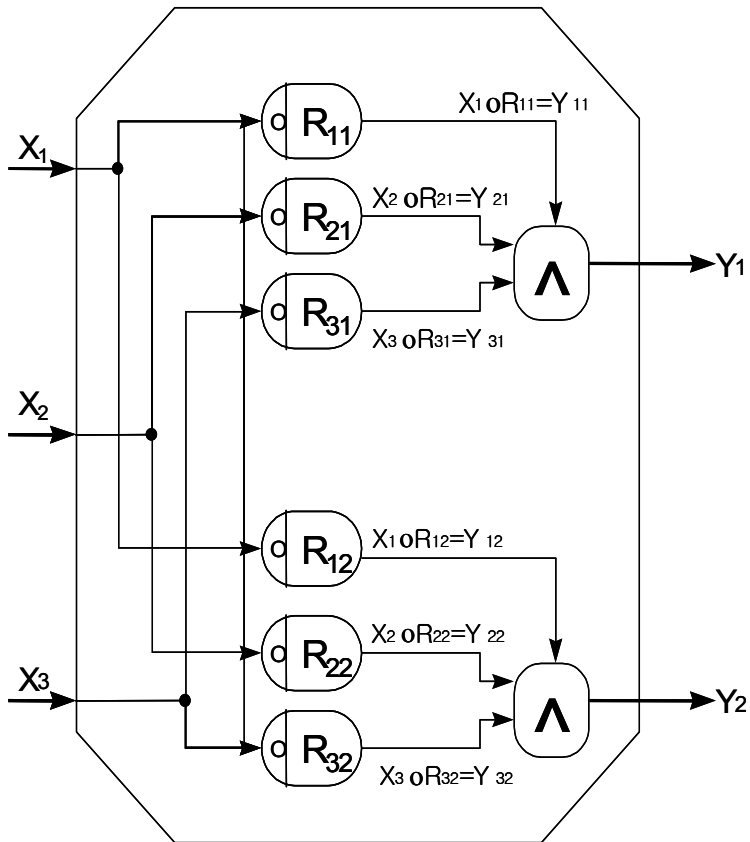


그림 2.4 다층구조 퍼지시스템



## 제 3 장 음성인식 이론

음성인식의 인식기술은 크게 음성인식(speech recognition)과 화자인식(speaker recognition)으로 분류되며 음성인식 시스템은 특별한 화자에 대해서만 인식하는 화자종속(speaker dependent)시스템과 화자에 상관없이 인식하는 화자독립(speaker independent)시스템으로 나뉘어진다. 또한 말하는 사람이 누구인지를 알고자 하는 화자인식 시스템은 크게 화자식별(speaker identification)시스템과 화자검증(speaker verification)시스템으로 분류되는데 화자식별 시스템은 등록된 화자들 중에서 가장 유사한 화자를 찾아 그 화자가 누구인지를 알아내는 것이고 화자검증은 입력된 음성이 대상 화자의 음성인지를 판별하는 시스템이다. 또한 사용되는 음성신호 대상 종류에 따라 문맥종속형(text dependent)과 문맥독립형(text independent)으로 나뉘어지는데, 사용되는 음성 대상이 미리 정하여진 문맥 안에서만 사용될 경우에는 문맥종속형이라 하며 그렇지 않는 경우는 문맥독립형이라 한다. 음성은 똑같은 언어라 할지라도 발음하는 사람에 따라 그 성질이 변한다. 이러한 특성으로 인하여 음성인식 시스템의 실용화는 쉽지 않지만 음성의 이러한 특징을 잘 표현할 수 있는 특징 벡터에 대하여서나 음성인식 기법에 대하여서 많은 연구가 진행되고 있다.

### 3.1 특징 벡터

현재 사용되고 있는 주요 특징 벡터들로는 켈스트럼(Cepstrum),

주파수 대역별 에너지(Filer Bank Energy), 웨이블릿(Wavelet)에 의해 추출된 파라미터 등이 있다.

### (1) Cepstrum

Cepstrum은 단구간 spectrum에 대한 log스케일의 크기를 Fourier역변환한 것으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$C_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \log|X(k)| e^{i2\pi kn/N} \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (3.1)$$

Cepstrum은 주파수 영역의 파라미터를 Fourier 역변환 하였으므로 시간 영역의 파라미터이다. 그리고 주파수 영역에서의 단구간 스펙트럼 중에서 천천히 변하는 부분은 Cepstrum의 저차원 특성에 반영이 되고, 급격히 변하는 부분은 Cepstrum의 고차원 특성으로 반영된다. 인간의 청각특성은 저주파 특성에 대한 주파수 분해능은 우수하지만 시간 분해능이 나쁘며, 반대로 고주파 성분에 대한 시간 분해능은 우수하지만, 주파수 분해능은 나쁘다. Cepstrum계수는 이러한 인간의 청각특성을 바탕으로 한 음성의 특징 파라미터이다. Cepstrum을 이용한 유사한 특징벡터로는 delta Cepstrum, delta-delta Cepstrum등이 있다.

### (2) LSP(Line Spectrum Pair)

LSP는 LPC와 수학적으로 등가이면서, 음성의 포먼트 영역을 잘 드러내는 특성을 가지고 있다. 또한 순서 성질(ordering property)을 지니면서 동적 영역(dynamic range)도  $(0, \pi)$ 로 제한되어 있으므로 양자화 특성과 보간 특성이 우수하다. 따라서 합성음의 품질의 저하

를 최소화 할 수 있어 전송측면에서 효율적인 양호한 특징벡터이다.

### (3) 주파수 대역별 에너지(Filter Bank Energy)

주파수 대역별 에너지는 구현의 용이성과 다양한 응용성 때문에 음성인식에서 가장 많이 쓰이는 모델 중에 하나이다. 음성신호의 특징을 추출하기 위해 각 대역통과 (band pass)필터를 통과한 출력의 에너지 값을 음성인식용 음성특징으로 사용한다. 이때 각 필터들은 중복(overlap)할 수 있다.

## 3.2 음성인식 기법

음성인식 기법으로는 벡터 양자화(Vector Quantization), MSVQ(Multi Section Vector Quantization), HMM(Hidden Markov Model), DTW(Dynamic Time Warping), 신경망(Neural Network), 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm) 등의 패턴인식 기법들이 사용되고 있다.

### (1) MSVQ(Multi Section Vector Quantization)

일반적인 벡터 양자화를 이용한 방법에서는 발음 전구간에 대하여 하나의 벡터 양자화기만을 설계한다. 이 경우에는 발음한 음성신호의 시간적 특성을 전혀 고려할 수가 없다. 음성신의 시간적 발음 특성을 고려하기 위한 방법으로, 각 발음 음성을 몇개의 section(여기서는 음성의 특징벡터의 수)으로 나누고 이 각각의 section별로 독립된 벡터 양자화기를 구성하여 시간 순서에 따른 코드북을 생성하는 방법이 MSVQ이다.

## (2) DTW(Dynamic Time Warping)

DTW기법은 음성의 시간적 변동을 고려하는 가장 일반적 기법 중 하나이다. 인식하고자 하는 어휘의 입력 패턴 열을 어휘별로 구성되어 있는 대표 패턴 열과 그 어휘의 음향적 특성을 비교한다. 이때 입력 패턴 열의 길이와 대표 패턴 열의 길이가 서로 다를 수 있는데, 입력 패턴 열과 대표 패턴 열 사이의 왜곡 값이 최소가 되는 경로를 설정하여 두 패턴 열을 비교하는 구조를 취하고 있다.

## (3) HMM(Hidden Markov Model)

HMM은 음성을 상태 천이 확률 및 각 상태에서의 출력 심볼(symbol)의 관찰 확률을 갖는 Markov process로 가정한 후에 학습 데이터를 통하여 상태(state) 천이 확률 및 출력 심볼의 관찰 확률을 추정하는 학습 과정과 추정된 모델에서 입력된 음성이 발생할 확률을 계산하는 인식 과정으로 나누어진다. 음성인식에서 주로 사용되는 left-to-left모델에서, 단음절어일 경우 q1을 묵음에서 음성으로의 천이상태라고 하고, q2를 음성의 정상상태, q3를 음성에서 묵음으로의 천이상태라고 하자. 음성이 입력되면 음성의 특징 파라미터를 관측 심볼로 보고 현재 주어진 관측 심볼이 위의 세가지 상태 중에서 어떤 상태에 있을 때에 관측 확률이 최고가 될것인지를 학습 과정에서 추정해 인식 어휘에 대한 모델 파라미터  $\lambda^i$ ( $i$ 는 인식 어휘수)를 구한다. 인식 과정에서 각 어휘에 대한 모델 파라미터를 이용하여 관측 확률을 계산하여 최대값이 나오는 어휘를 인식 어휘로 결정하게 된다. 따라서 HMM에서 음성의 시간적 변화를 상태로 표시할 수가 있다.

## 제 4 장 전동 휠체어의 인공지능 제어시스템

인공지능형 휠체어는 수동형 휠체어를 개조하여 장애인이 보다 편리하게 사용할 수 있고, 안정성 있게 이동할 수 있도록 휠체어시스템에 인간의 지능에 가까운 인공지능을 적용한 전동 휠체어이다.

본 시스템에서는 전동 휠체어의 각 부분을 구성하고 있는 모듈의 개발에 중점을 두었으며, 전동 휠체어의 방향 제어에 사용하는 조이스틱에 음성인식모듈을 추가하여 휠체어의 방향과 속력을 제어 구동함에 있어서, 인공지능 알고리즘을 적용하여 전동휠체어를 안정적으로 구동제어 시켰다. 본 장에선 전동휠체어의 각 부분을 구성하고 있는 전원부와 모터 구동부, 조이스틱을 이용한 제어 기술, 음성인식 모듈을 이용한 제어 기술에 대하여 논의하겠다.

### 4.1 전원부

전동 휠체어에서 전원부는 DC 24V로 구동하는 DC 모터 전압과 전체 시스템을 제어하는 제어부의 전원5V로 구성되어진다. 각 시스템의 안정성을 위해서 모터에 공급되는 전원과 시스템 제어에 사용되는 전원을 각각 분리하여 공급하였다.

그림 4.1은 전체시스템의 전원계통도를 나타내고 있으며, 구동부에공급되는 전원은 DC24V로서 엔코더와 왼쪽, 오른쪽 모터에 공급되어지며, 제어부에 공급되는 전원은 5V로 조이스틱, 음성인식 모듈, 초음파 센서, 메인 컨트롤러로 각각 공급하게 된다. 전원부를 구성하는 소자 중에 전압을 24V에서 5V로 변화시키는 소자로 리니어

레귤레이터를 사용하였는데, 레귤레이터 자체에 열이 많이 발생하므로 방열판을 부착하여 열의 방출을 도우며, 입출력 단자 사이에 역전류 흐름을 방지하기 위해서 플라이휠 다이오드를 부착하여, 역전류 흐름을 방지하도록 회로를 구성하였다.

전동 휠체어의 구동에 사용된 전원으로는 DC 12V 배터리를 이용하였다. 이 배터리는 최대 20Ah로 사용 할 수 있으며, 두 개의 배터리를 직렬로 연결하여 모터 구동 전원인 DC 24V를 만들었다. 직렬로 연결 배터리에 과부하가 걸릴 경우 각각의 배터리를 보호하기 위하여 직렬로 연결되는 부분에 배터리를 보호 할 수 있는 보호 회로를 구성하여, 과부하가 걸릴 경우 배터리 보호회로가 동작하여 배터리를 보호하게 된다.

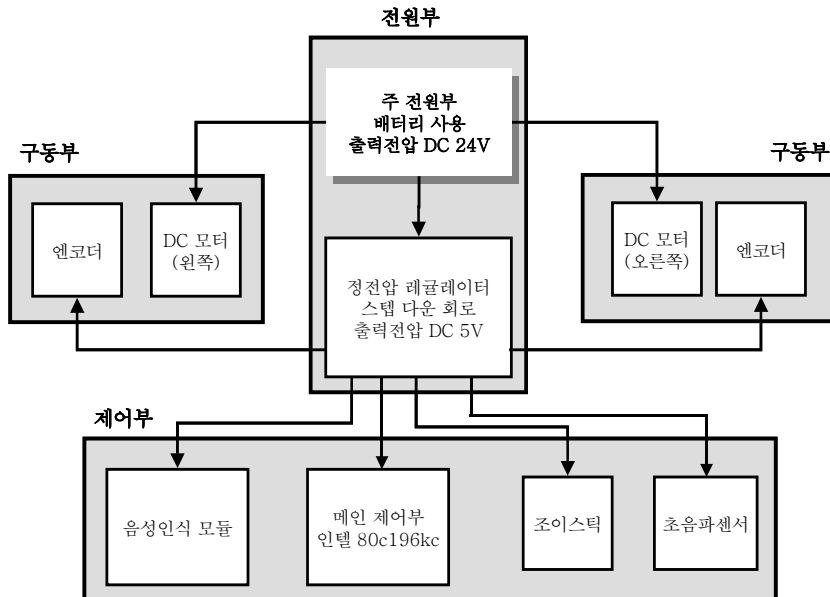


그림 4.1 전체 시스템의 전원 계통도

## 4.2 모터 구동부

모터 구동부는 그림 4.2에서와 같이 휠체어 구동에 사용되는 DC 모터와 모터드라이브 단 그리고 엔코더로 구성된다. 휠체어 구동에 사용된 DC모터는 연속 전류가 최대 8A로 흐르고 230W일 때 120RPM로 되고, 기어비가 30인 모터를 사용하였다. 모터 뒤에 전자 브레이크를 부착하여 휠체어의 전원이 차단 될 경우 전동 휠체어의 안전을 위하여 전동휠체어 왼쪽과 오른쪽 모터가 동작되지 않게 하고, 다시금 모터 구동 전원이 모터 브레이크에 공급되면 모터가 정상적으로 동작하게 하였다.

전동 휠체어의 모터 구동 드라이브 단은 일반적으로 모터 제어에 많이 사용하는 H브리지 회로로 구성하여 PWM 파형에 의해서 제어 하도록 구성하였다. 구동 드라이브 단에 사용된 소자 중에서 전압 구동형 소자인 파워 MOS-FET를 사용하여 적은 구동전력으로 작동하게 하였다. 모터 드라이브 단 회로와 마이크로 컨트롤러 회로를 보호하기 위하여 포토커플러를 사용하였다.

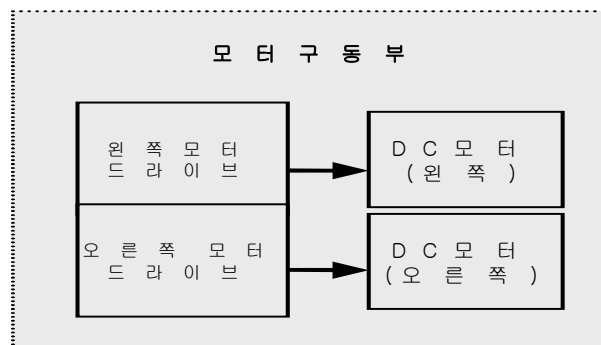


그림 4.2 모터 구동부 구조

### 4.3 초음파 센서 모듈

전동 휠체어가 주행 중에 장애물이 나타나게 될 경우에 장애물에 대하여 회피하거나 정지하게 되는데, 장애물 감지를 위해 사용된 초음파 센서 모듈의 특성은 25[Cm] ~ 10[m] 사이의 거리를 측정하고 정밀도는 1[%]이며, 50kHz로 구동하는 폴로라이드(Polaroid)사의 6500 series 모듈을 사용하였다. 6500 시리즈 모듈의 동작에는 싱글 에코(Echo) 모드와 멀티 에코(Echo) 모드 두 가지 동작 방법이 있다.

그림 4.3은 초음파센서 모듈과 휠체어 제어기와의 제어 구성도를 나타내고 있으며, 초음파센서의 구동과 제어에는 80C196KC를 사용하였고, PWM신호로 전동 휠체어의 속도 및 방향을 제어하였다.

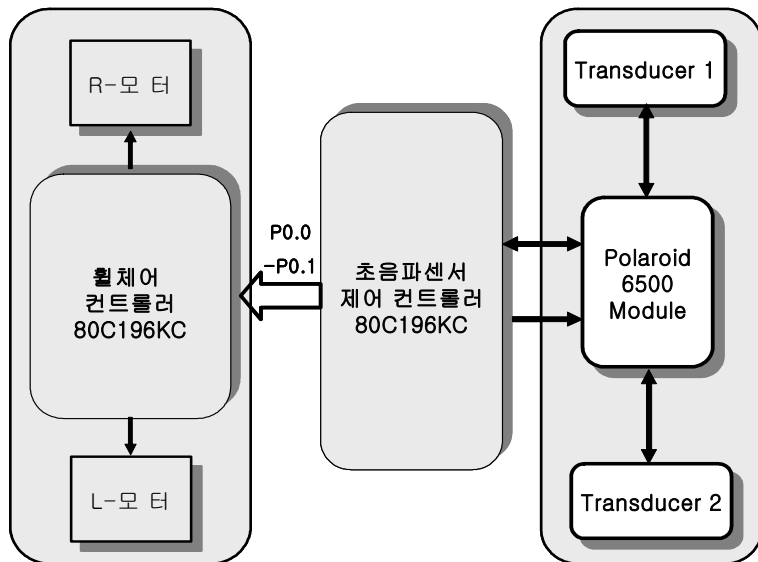


그림 4.3 초음파 센서의 제어기 구성도



마이크로프로세서에 있는 포트 P1.0~P1.4를 이용하여 초음파센서 모듈에 구동신호를 가하고, HSI.0~HSI.3로 수신된 초음파 신호를 입력받게 된다. 그리고 초음파의 발신과 수신에 차를 계산한 값을 80C196KC의 포트 P0.0~P0.1로 16진수 값을 출력하게 되고, 출력되어진 데이터 값에 의해서 휠체어가 정지하거나 회전을 결정한다.

초음파 센서를 휠체어의 앞쪽에 부착 한 후 센서에서 초음파를 보내면 ECHO신호가 High로 변화되어지게 된다. 그리고 초음파 센서의 수신부에서 물체를 통해서 반사되어진 신호를 수신하게 되면 모듈의 ECHO 신호가 Low로 변화하게 되는데 이 시간을 타이머를 이용하여 앞 물체와의 거리를 검출하게 된다. 검출된 거리를 16진수 값으로 바꾸어서 거리 값에 따라서 PWM 출력 파형을 제어기가 출력하도록 하였다. 아래의 그림 4.4는 장애물이 감지되었을 경우 초음파 센서가 장애물에 대하여 회피하는 순서도를 나타내고 있다.

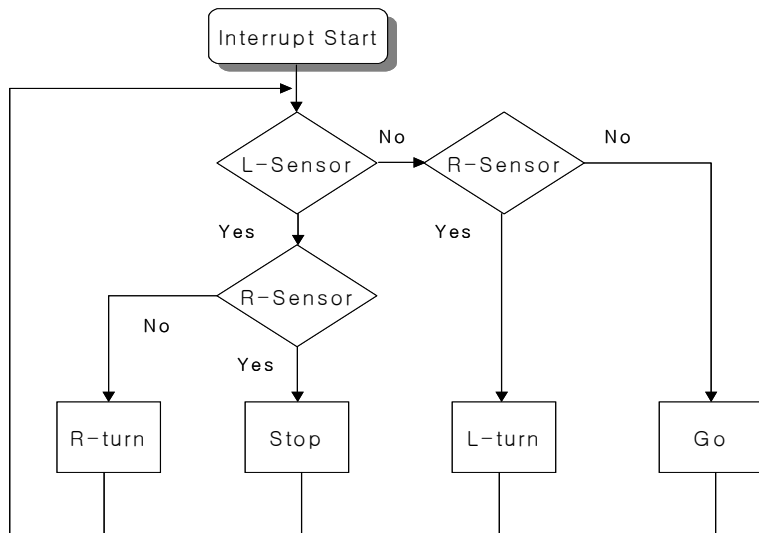


그림 4.4 초음파 센서의 장애물에 회피 대한 순서도

#### 4.4 조이스틱을 이용한 제어 시스템

전동 휠체어의 방향을 제어하는 방법으로서 본 논문에서는 조이스틱을 사용하여 전동 휠체어의 방향과 속도제어에 조이스틱을 이용하였다. 조이스틱을 이용한 제어시스템의 구성을 보면 주 컨트롤러인 인텔 80C196KC(Intel 80C196KC)를 이용하여 조이스틱의 변위값 만큼 읽어 들여서 변위량 만큼 PWM파형 출력을 모터 구동단으로 공급하여 휠체어의 좌우 바퀴를 구동시키는 방법으로 제어시스템을 구성할 수 있다. 그리고 모터에 부착된 엔코더를 이용하여 모터의 회전수를 검출하여 회전수를 컨트롤러로 보내어 연산 처리하여 모터의 회전수를 다시 보상하여 출력을 높인다. 그림 4.5는 조이스틱을 이용한 제어 시스템을 보이고 있다.

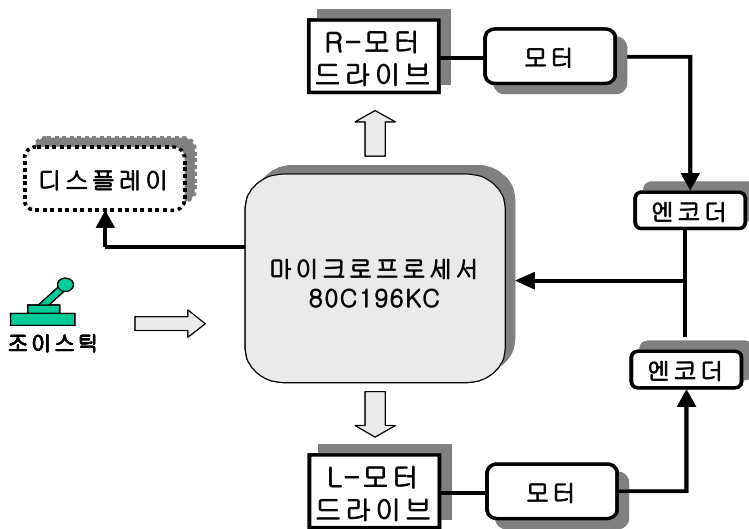


그림 4.5 조이스틱을 이용한 제어시스템의 구성도

조이스틱의 물리적인 구조를 그림 4.6에 나타내었다. 조이스틱의 물리적인 동작 특성을 살펴보면은 그림 4.6에서 조이스틱 왼쪽과 오른쪽에 2개의 포텐션메타(Potentiometer)가 부착되어져 있다. 조이스틱에 5V의 DC 전압을 공급하고 상하 혹은 좌우로 조이스틱을 움직이면은 왼쪽과 오른쪽의 포텐션메타의 저항 값이 변화하게 된다. 포텐션메타의 변화에 의하여 공급된 전압 값 역시 변화하게 된다. 공급된 DC 5V의 전압은 조이스틱의 중간 위치에서는 2.5V를 유지하다가 조이스틱이 상하, 좌우로 움직이면 0V~5V의 범위 내에서 조이스틱의 위치에 따라서 왼쪽과 오른쪽의 전압이 각각 달리 출력하게된다.

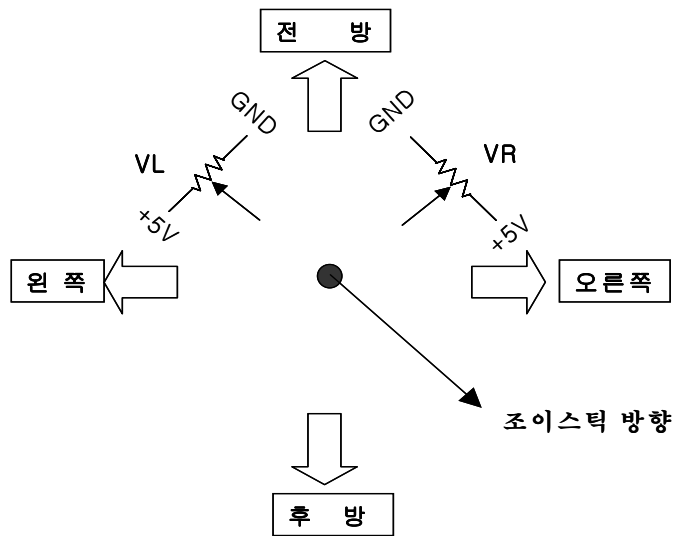


그림 4.6 조이스틱의 메커니즘

본 논문에서 사용되어진 조이스틱의 특성을 아래의 표로 나타내었다. 모터의 회전 방향 및 조이스틱의 출력전압 범위를 표 4.1로 나타내었으며, 표 4.2에서는 조이스틱 위치에 따라서 왼쪽과 오른쪽 모터의 각각에 대한 회전방향 및 조이스틱 전압을 나타내었다.

표 4.1 조이스틱 변화에 따른 모터의 회전 방향과 전압

기 준 전압	속 도	회전 방향
0.00~2.00	Max~Min	시 계 방향(CW)
2.02~2.98	0	OFF
3.00~5.00	Min~Max	반 시계 방향(CCW)

표 4.2 조이스틱 위치에 따른 전압 값과 모터방향

조이스틱 위치	모터(왼쪽)		모터(오른쪽)	
	전 압	회전방향	전 압	회전방향
전 진	0.00~2.00	시계방향	0.00~2.00	시계방향
전진-오른쪽	0.00~2.00	시계방향	2.02~2.98	정 지
오른쪽	0.00~2.00	시계방향	3.00~5.00	반시계방향
오른쪽-후진	2.02~2.98	정 지	3.00~5.00	반시계방향
후 진	3.00~5.00	반시계방향	3.00~5.00	반시계방향
후진-왼쪽	3.00~5.00	반시계방향	2.02~2.98	정 지
왼 쪽	3.00~5.00	반시계방향	0.00~2.00	시계방향
왼쪽-전진	2.02~2.98	정 지	0.00~2.00	시계방향

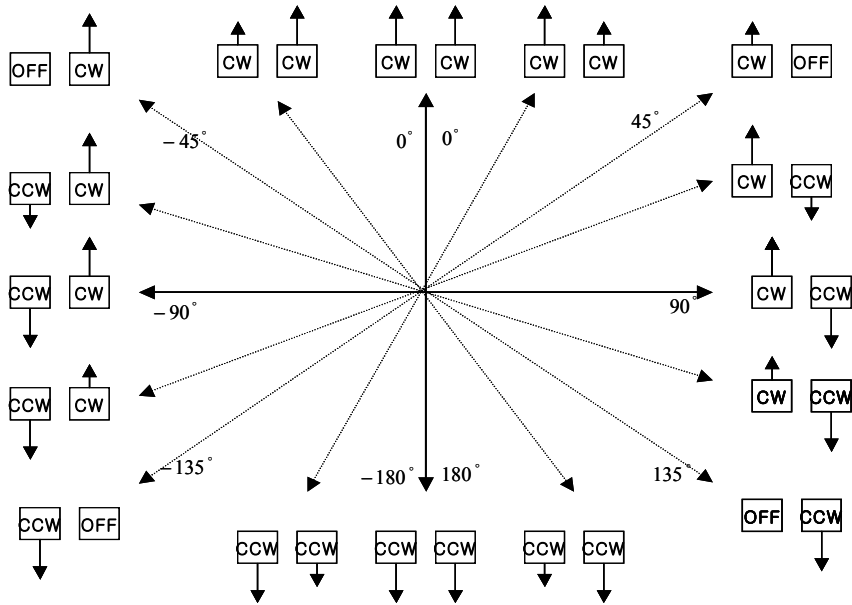


그림 4.7 조이스틱 위치에 따른 모터의 회전방향 및 속도 설계

그림 4.7는 실제 휠체어가 동작 할 경우 모터의 방향을 제어하기 위하여 조이스틱을 움직였을 때 휠체어의 모터 회전 방향 및 속도를 선정 한 것을 나타내고 있다. 그림 4.7에서 사각형은 조이스틱의 위치에 따른 왼쪽과 오른쪽의 모터의 방향을 표시하며, 화살표의 길이는 왼쪽과 오른쪽 모터의 속도와 크기를 화살표의 길이로 표시한 것이다. 그리고 조이스틱의 방향 위치에 따라서 +0도에서 +180도까지는 1사분면과 4사분면으로 일정 사이의 값으로 정하고, -0도에서 -180도까지 역시 2사분면과 3사분면 사이의 값으로 정하여 나타내었다. 조이스틱의 입력 각도에 따라서 모터의 왼쪽과 오른쪽 모터의 방향이 정하여지고 속도 역시 일정 값으로 정하여져서 출력하게 된다.

일반적인 전동 휠체어의 제어기는 단순히 조이스틱의 변화에 의하여 모터 드라이브 단에 전압을 많이 흘려 줌으로서 전동휠체어를 구동하게 한다. 본 논문에서는 조이스틱을 사용하여 조이스틱의 변화된 위치의 정보를 읽어 세밀하게 휠체어를 구동하며, 휠체어의 모터가 회전 할 경우에 무게의 변화에 따라서 모터의 회전 속도가 달라져 비선형적으로 변화하게 된다. 그러므로 퍼지이론을 적용하여서 무게의 변화 따라서 비선형적인 부분을 선형적으로 개선하려는 퍼지제어기 설계한 것을 제안하고자 한다.

그림 4.8은 전체 퍼지제어기 블록도를 나타낸 것으로서 조이스틱의

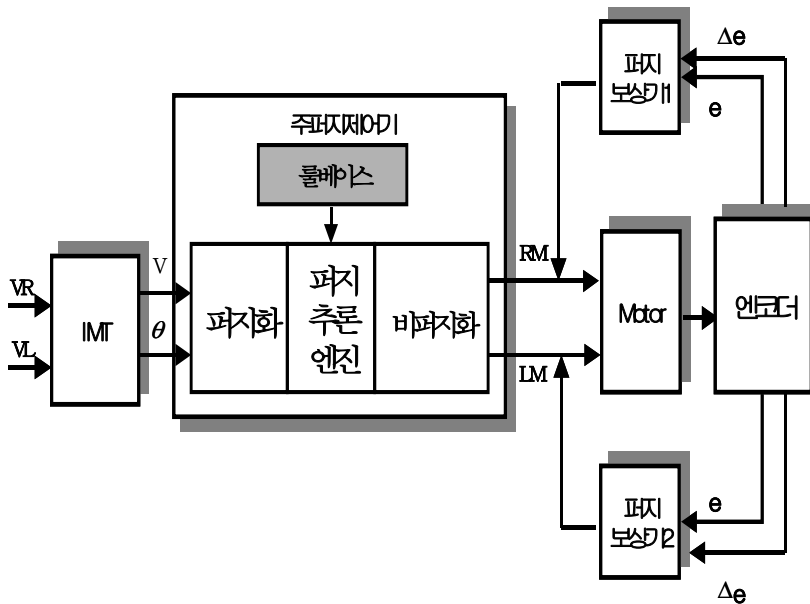


그림 4.8 전동휠체어 시스템의 전체 퍼지제어 블록도

변화에 의하여 조이스틱 입력으로부터 왼쪽과 오른쪽의 2개 전압 값(VR, VL)이 출력하게 되는데, IMT(Input Mapping Table)에 의해서 조이스틱의 속도와 각도가 출력하게 된다. 이 두 입력은 주 퍼지 제어기의 입력신호로 들어간다. 주 퍼지제어기에 입력되어진 신호는 퍼지화 그리고 추론과정을 실행하고 비퍼지화를 거쳐서 크리스프(Crisp)한 값으로 출력을 보내게 된다. 주 퍼지제어기에서의 출력은 휠체어의 모터속도와 모터의 회전방향을 각각 결정하고, 결정되어진 값은 전동휠체어의 왼쪽과 오른쪽 모터 드라이브단으로 보내어져서 PWM 출력 신호로 출력하게 된다.

본 논문에서 주 퍼지제어기의 퍼지논리 구성을 살펴보면, 먼저 주 퍼지제어기로 들어가는 퍼지입력 변수의 선정은 본 시스템의 환경에 적합한 요소들로 구성되었다. 실제 주 퍼지 제어기에 입력되는 요소는 휠체어의 속도를 설정하는 속도 변수인 V와 조이스틱 조작에 의한 각도  $\theta$ 로 선정하여 전동휠체어의 방향을 결정하였다. 주 퍼지제어기의 변수 범위는 표 4.3과 같이 정했다.

표 4.3 속도 및 방향 범위

변 수	범 위
V (속도)	0 ~ 7 Km
$\theta$ (각도)	1,4 사분면 (+0°~+180°) 2,3 사분면 (-0°~-180°)

입력변수 중에 전동휠체어의 속도는 최저 속도 0Km로 정하고, 최고 속도 7Km로 정하여서 그 범위 안에서 제어 동작하도록 하였다. 각도는 조이스틱을 1~4 사분면으로 나누고 각 위치 잃어 0°~180°각도로 표시하여 나타내었다. 입력 변수에 의해 결정되어진 값은 출력 함수로 나타나게 되는데 출력 값의 선정은 전동휠체어의 DC모터의 방향을 제어 해야하므로 PWM신호로 출력하게 된다.

출력 변수는 왼쪽과 오른쪽 모터의 제어를 위해서 2개로 구성하였다. 그림 4.9와 그림 4.10은 각도와 속도의 입력에 대한 소속함수(membership function)를 나타낸 것이다. 출력에 대한 소속함수를 그림 4.11에 나타내었다.

본 논문에서 주 퍼지제어기에서 사용한 입력변수 및 출력변수의 구간을 입력에서 각도는 F(Forward), RF(Right Forward), R(Right), RB(Right Backward), B(Backward), LF(Left Forward), L(Left), LB(Left Backward)로 8부분으로 나누었다.

속도는 S(Slow), M(Middle), F(Fast)로 3부분으로 나누었다.

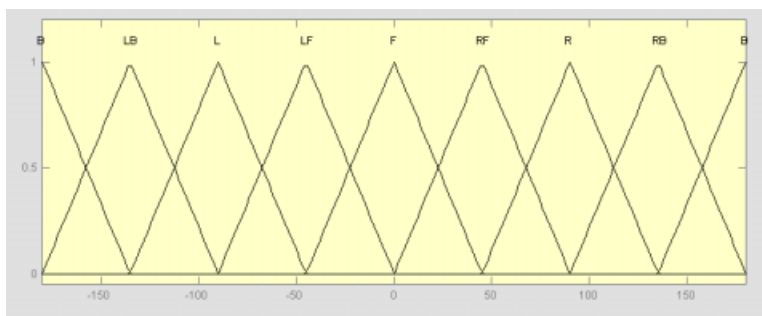


그림 4.9 주 퍼지제어기의 각도 입력의 소속 함수



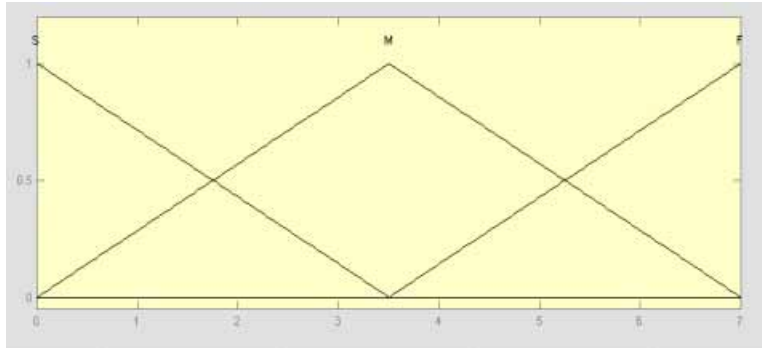


그림 4.10 주 퍼지제어기의 속도 입력의 소속함수

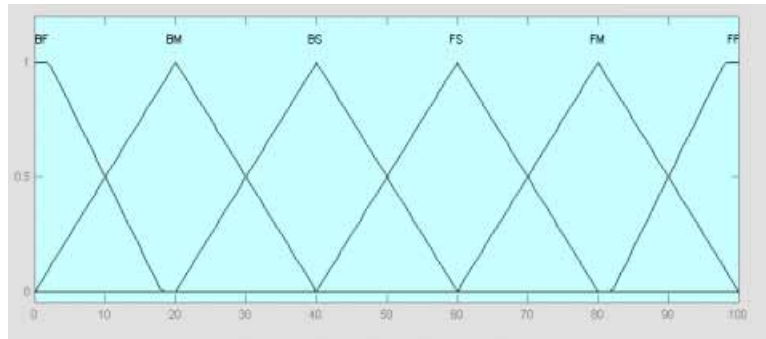


그림 4.11 주 퍼지제어기의 PWM 출력의 소속함수

주 퍼지제어기의 출력에 대한 구간을 다음과 같은 언어로 선정하였다. BF(Backward Fast), BM(Backward Middle), BS(Backward Small), FS(Forward Small), FM(Forward Middle), FF(Forward Fast)로 나누었다. 그리고, 입력 값에 대하여 퍼지화를 하기 위하여 삼각형 모양의 퍼지수를 사용하여 퍼지화 하였다

표 4.4는 왼쪽 모터의 속도와 방향을 나타낸 퍼지 추론 규칙이며, 표 4.5는 오른쪽 모터의 속도와 방향 구하기 위한 퍼지 추론 규칙이다. 퍼지 추론 규칙에서 속도와 각도의 입력 값에 대한 27개의 출력 퍼지제어 규칙이다. 이것은 속도와 각도의 입력 값에서 모터 제어를 위한 PWM 신호를 얻기 위해 퍼지제어 규칙으로 표 4.4에서 보는 것과 같이 입력 V가 F이고, 입력  $\theta$ 가 B이면 출력은 BF이 된다. 최종적인 출력 값은 무게중심 법에 의하여 구해진다.

표 4.4 왼쪽 모터의 속도와 방향 추출을 위한 퍼지 추론 규칙

$\theta$ V	B	LB	L	LF	F	RF	R	RB	B
S	BS	ZO	FS	FM	FS	ZO	BS	BM	BS
M	BM	ZO	FM	FM	FM	ZO	BM	BM	BM
F	BF	ZO	FF	FM	FF	ZO	BF	BM	BF

표 4.5 오른쪽 모터의 속도와 방향 추출을 위한 퍼지 추론 규칙

$\theta$ V	B	LB	L	LF	F	RF	R	RB	B
S	BS	BM	BS	ZO	FS	FM	FS	ZO	BS
M	BM	BM	BM	ZO	FM	FM	FM	ZO	BM
F	BF	BM	BF	ZO	FF	FM	FF	ZO	BF

퍼지 보상제어기로 사용한 FLC(Fuzzy Logic Controller)1과 FLC2는 좌우 모터에서 출력된 엔코더(Encoder) 값을 보상하기 위해 사용되었으며, 보상된 에러(error) 값은 다시 모터 구동부로 귀환(Feedback)된다. 퍼지 보상제어기 FLC1과 FLC2의 입력변수는 엔코더로부터 나오는 현재 값과 그리고, 그 이전의 변화된 에러를 입력 변수로 선정하였다. 그림 4.12와 그림 4.13은 현재 엔코더와 이전 에러 발생에 대한 소속함수도를 나타낸 것이다.

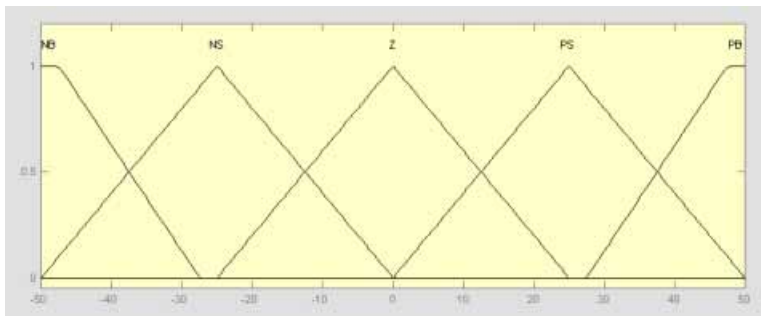


그림 4.12 퍼지 보상제어기의 엔코더에 대한 소속함수

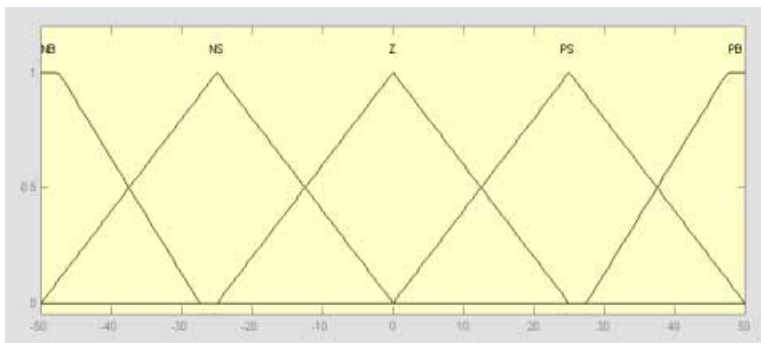


그림 4.13 퍼지 보상제어기의 에러에 대한 소속함수

출력은 주 펄지 보상제어기에서 발생한 에러만큼을 엔코더로 읽어 들여서 펄지 보상제어기 FLC1, FLC2로서 보상을 하여서 PWM 신호 파형을 발생하게 하여서 발생한 에러를 보상하게된다. 그림 4.14은 출력에 대한 소속함수를 나타낸 것이다.

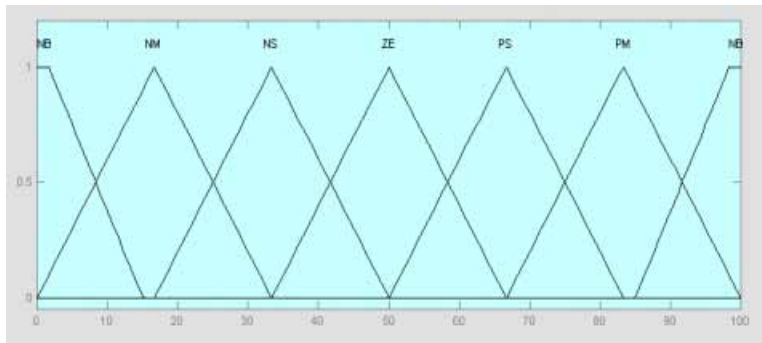


그림 4.14 펄지 보상제어기 FLC1,2의 출력 소속함수

펄지 보상제어기의 입력 변수와 출력 변수 값의 범위를 입력은 5단계로 출력은 7단계로 각각 나누었다.

NB(Negative Big), NM(Negative Middle), NS(Negative Small), Z(Zero), PS(Positive Small), PM(Positive Middle), PB(Positive Big).

제안한 펄지 알고리즘 이용하여서 조이스틱 제어를 할 수 있으며, 전동 휠체어의 비선형적인 모터의 속도를 선적형으로 보상 할 수 있도록 해준다.

## 4.5 음성인식 모듈

음성인식 모듈을 이용한 제어시스템의 구성을 살펴보면은 그림 4.15와 같이 마이크를 통하여서 실시간 받은 음성을 증폭기를 통하여서 음성 신호를 증폭하며 증폭기를 통한 신호는 아날로그 신호를 16비트(bit) 코덱(Coдек)을 통해서 디지털 신호로 바꾸어 준다. 이때 많은 데이터가 입력이 되기 때문에 빠른 데이터의 신호처리를 필요로 하는 프로세서가 필요하다. TI(Texas Instruments)사의 플로팅 포인터 DSP(Digital Signal Processor)인 TMS320C33을 사용하여 음성데이터를 처리하는데, 롬(Rom)에 저장된 음성자료를 이용하여서 사용자가 발음한 신호가 동일하면은 마이크로 컨트롤러인 Pic으로 데이터를 출력하게된다.

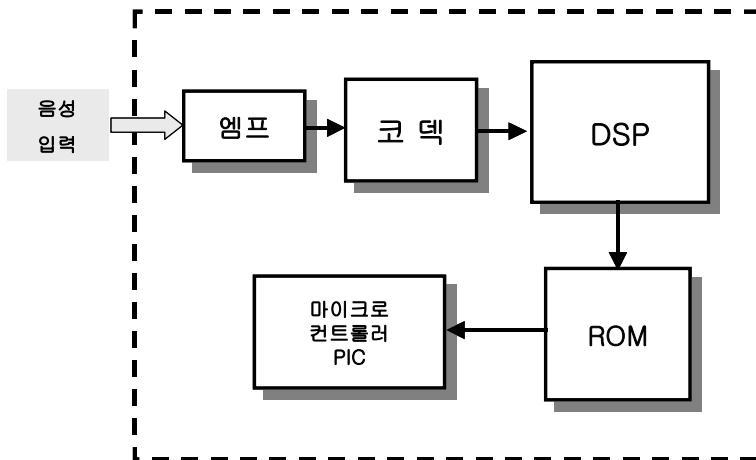


그림 4.15 음성인식 모듈의 구성도

표 4.6은 현재 사용중인 음성인식 모듈에서의 음성 단어별 데이터 값을 표로 나타내었다. DSP에서 출력되는 데이터를 8bit 마이크로 컨트롤러 PIC을 사용하여 5비트 데이터 형식으로 취득하여 음성을 인식하지 못 할 경우에 음성 데이터 값은 0으로 출력하며 그 이외의 음성은 인식 데이터 값은 표에서 나타낸 것과 같이 나타낼 수 있다.

표 4.6 음성 단어별 출력 데이터

명령어	8	4	2	1
앞으로가	0	0	0	1
뒤로가	0	0	1	0
왼쪽으로가	0	0	1	1
오른쪽으로가	0	1	0	0
멈 취	0	1	0	1
천천히	0	1	1	0
빨 리	0	1	1	1
거부반응	0	0	0	0

표 4.7은 실제 전동 휠체어의 제어에 사용된 음성인식 모듈의 특성을 세부적으로 나타내었다.

표 4.7 음성인식 모듈의 특성

기 능	내 용
음성인식 방법	화자 독립
인식시간	0.4초 내
인식률	98%
인식단어 수	20 단어 내외
음성인식 프로세서	TMS320C33

## 제5장 인공지능형 전동휠체어 시스템의 구현 및 실험

### 5.1 전동 휠체어 시스템의 구성 및 동작

본 장에서는 조이스틱과 음성인식 모듈에 의한 제어 동작을 실제적으로 구현한 인공지능형 전동휠체어의 전체적인 시스템의 개략적인 구성 및 동작 그리고 음성인식 모듈을 설명하며 실제 실험 결과를 제시한다. 실제 구성된 전체 시스템의 각 부분의 모듈 및 인터페이스는 그림 5.1과 같으며, 크게 4가지로 나누어 볼 수 있는데, 각 부분을 나누어 보면 음성인식 모듈, 컨트롤러가 있는 제어부, 모터 구동부, 초음파 센서부로 나눌수 있다.

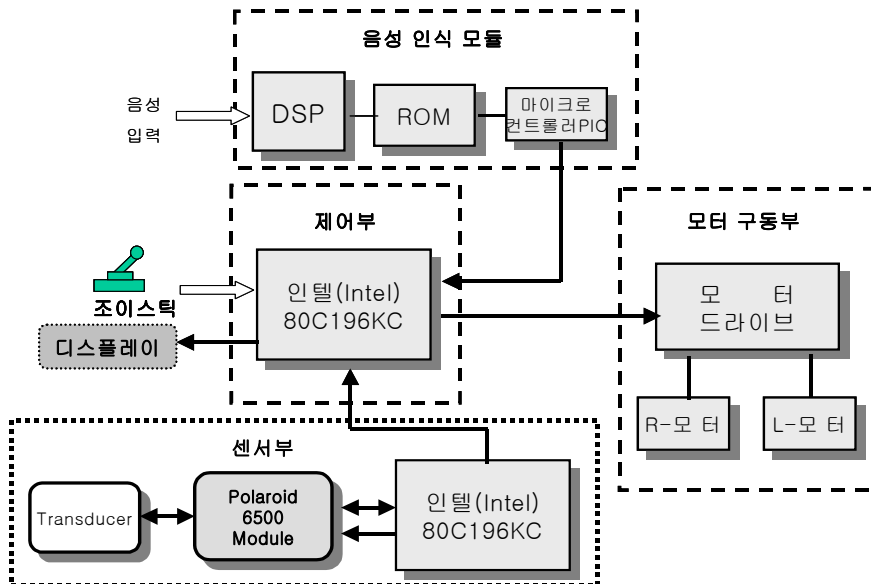


그림 5.1. 전체 시스템의 구성도



전체 시스템에서 전원부를 통하여 24V 전원과 5V전원으로 분리되어져서 공급되어지며, 음성인식에 사용된 TI사의 DSP 칩인 TMS320C33를 사용한 음성인식부와 일반적인 조이스틱을 이용하여 제어한 조이스틱 제어부 그리고 음성 데이터와 조이스틱, 센서신호를 컨트롤러 80C196KC를 이용해서 제어하는 컨트롤러부, H브리지 회로를 구성하여 모터의 구동을 돕는 모터부, 초음파 센서를 사용하여 장애물을 감지 할 경우 전동휠체어의 구동을 정지시키는 센서부로 각 부분을 나눌 수 있다.

전동 휠체어는 두 가지 모드로 동작을 하게 되는데 조이스틱 모드와 음성인식 모드로 동작을 하게된다. 먼저 조이스틱으로 휠체어가 구동하는 경우 그림 5.2를 보면은 80C196KC의 입력포트 P0.0~P0.3을 통하여 조이스틱의 4방향 데이터를 포텐션메타를 이용하여 아날로그 양으로 읽어 들이게 된다.

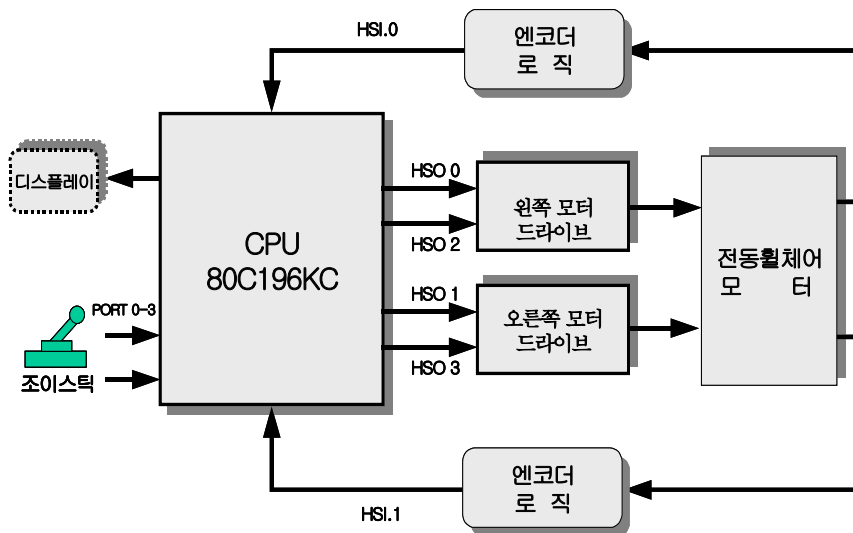


그림 5.2 80C196KC 중심 조이스틱 제어기

읽어들인 아날로그 양을 컨트롤러의 내부에선 컨트롤러 내부 제어 프로그램에 의하여 계산하게 된다. 그래서 계산된 값은 HSO(High Speed Output) 0~3포트를 통해서 모터 제어 신호인 PWM(Pulse Width Modulation) 제어신호를 발생시키면서 HSO 0,2는 왼쪽 모터 구동 단으로 제어 출력 신호로 나가게 되고, HSO 1,3은 오른쪽 모터구동 단으로 출력신호를 각각 출력하게 된다. 그리고, 휠체어가 회전 할 때마다 모터 뒤에 부착된 엔코더를 통하여서 마이크로 컨트롤러의 HSI(High Speed Input)로 모터의 회전수를 보내준다. 여기서 HSI.0은 왼쪽모터 회전 값의 정보를 HSI.1은 오른쪽 모터의 현재 회전수를 각각 보내준다. 그리고, 컨트롤러는 다시 모터 회전수의 양을 보상하여 출력하게 된다. LCD 디스플레이로 현재 회전속도 및 배터리의 잔량을 표시하게 된다.

음성인식 모드로 전동 휠체어를 구동하는 경우에는 음성 마이크로로부터 음성이 입력되어지면 DSP를 통하여 인식 된 음성 데이터를 출력하게 되고, 8bit 마이크로 컨트롤러인 PIC을 사용하여 음성 데이터 값을 DSP로부터 가져오게 된다. 그리고, 메인 모터 컨트롤러인 80C196KC의 포트P0.0~P0.3을 통하여서 데이터 정보가 입력되어지고 DC모터 두 개를 80C196KC의 HSO.0~3 포트를 이용해서 H브리지 회로로 구성된 모터 드라이브 단에 PWM신호 과형을 발생시켜서 모터의 방향을 제어한다.

휠체어 앞에 부착된 초음파 센서는 장애물 감지에 이용하여 장애물이 주행 경로 상에 나타날 경우에 정지하거나 장애물을 피하게 기능을 추가하였다. LCD 모듈은 현재의 상태를 디스플레이 하도록 하였는데 휠체어의 배터리 잔량 경고 및 현재 휠체어의 속도를 표시하도록 했다.

본 논문에서 구성한 전체적인 동작 순서도를 그림 5.3에서 그림 5.4에 걸쳐 제시하였다. 먼저 마이크로 컨트롤러 80C196KC의 입력 포트 P0.0~P0.3, 초음파 센서 입력단자, LCD를 초기화시킨 후, 조이스틱 모드 혹은 음성인식 모드를 선택하여 선택된 신호를 보내어 준다. 입력포트 P0.0~P0.3를 통하여 조이스틱의 값을 읽어들이어서

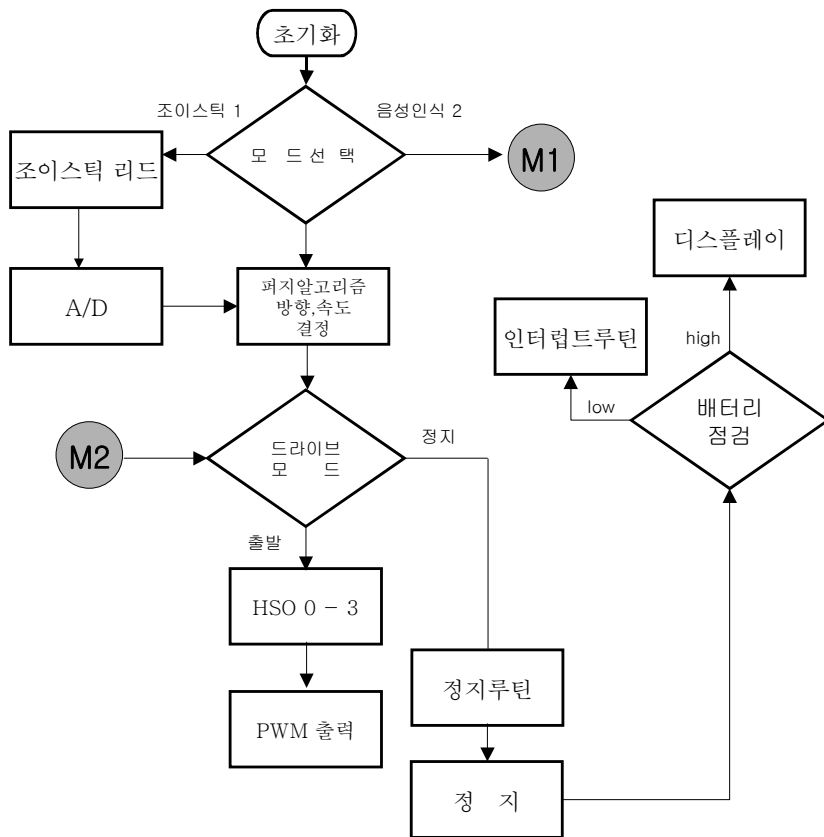


그림 5.3 조이스틱으로 동작하는 경우의 순서도

아날로그의 값을 내부적으로 디지털 값으로 변환하고, 제어알고리즘을 통하여 속도와 방향을 결정하게 된다. 그리고 HSO.0~3 포트를 통하여 PWM 신호를 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 5.4는 음성인식 모듈의 처리동작을 나타내었다. 음성 데이터 값의 출력은 PIC을 통하여 5bit의 정해진 데이터 형식의 값을 마이크로 컨트롤러인 80C196KC로 출력하게 된다. 초음파센서가 부착되어서 장애물이 나타날 경우 휠체어가 장애물을 회피하거나 정지하게 된다.

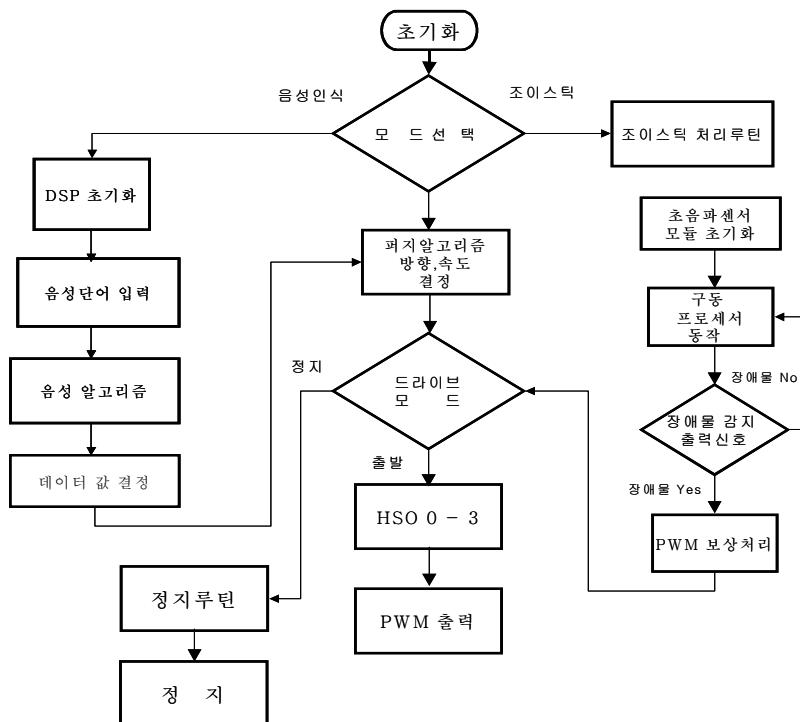


그림 5.4 음성인식으로 동작하는 경우 순서도

## 5.2 실험 및 결과

본 장에서는 앞의 4장에서 제안한 조이스틱 제어기와 휠체어 속도의 비선형성 개선에 대한 퍼지 알고리즘과 5장에서 실제 전체 시스템을 제어 할 수 있도록 제어기를 구성 한 것을 조합하여 실험한 결과를 제시한다.

음성인식 모듈을 이용하여서 음성인식 모듈에 발음을 했을 경우에 발음에 따른 각각의 출력 파형을 나타내고 있다.

그림 5.5에서부터 그림 5.7은 음성인식 모듈에서 단어 별로 발음을 했을 경우에 마이크로 컨트롤러 80C196KC의 HSO를 통하여 출력되어져 나오는 PWM 출력 파형을 측정하여 나타내었다.

그림 5.5는 앞으로란 단어를 발음했을 때에 80C196KC의 HSO.0, HSO1로부터 출력되는 PWM신호의 파형으로써 왼쪽 모터에 공급되는 HSO.0 출력 파형과 오른쪽 모터에 공급되는 HSO.1의 출력 파형을 각각 나타내고 있으며 휠체어의 동작 구동방향은 앞으로 동작하게 된다.

그림 5.6은 왼쪽으로란 단어를 음성 모듈에 발음했을 때에 왼쪽과 오른쪽의 HSO.0,1 출력신호 파형을 나타낸 것으로서 오른쪽의 HSO.1 신호는 출력이 되어지고, 왼쪽 HSO.0 신호는 출력되지 않음을 볼 수가 있다. 휠체어의 구동 방향은 왼쪽으로 움직이게 된다. 그림 5.7은 왼쪽의 반대로 오른쪽이란 단어를 발음했을 경우에 인식되어져 나오는 PWM 출력 신호 파형으로서 왼쪽과는 다른 PWM의 신호 파형이 HSO를 통하여 출력되는 차이를 보였고 휠체어의 구동 방향은 오른쪽으로 움직인다.

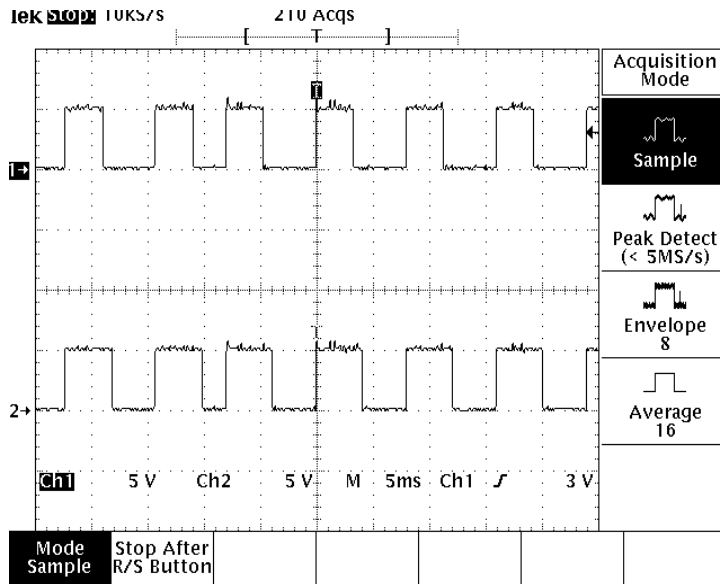


그림 5.5 앞으로의 HSO.0,1 신호

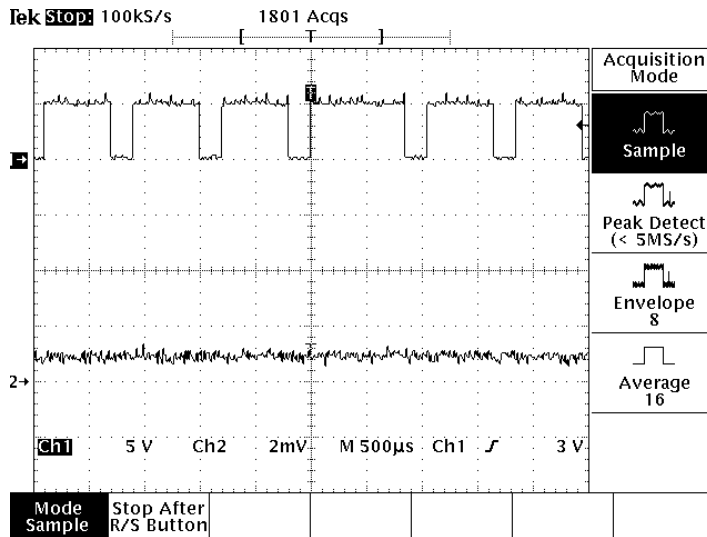


그림 5.6 왼쪽으로의 HSO.0,1 신호

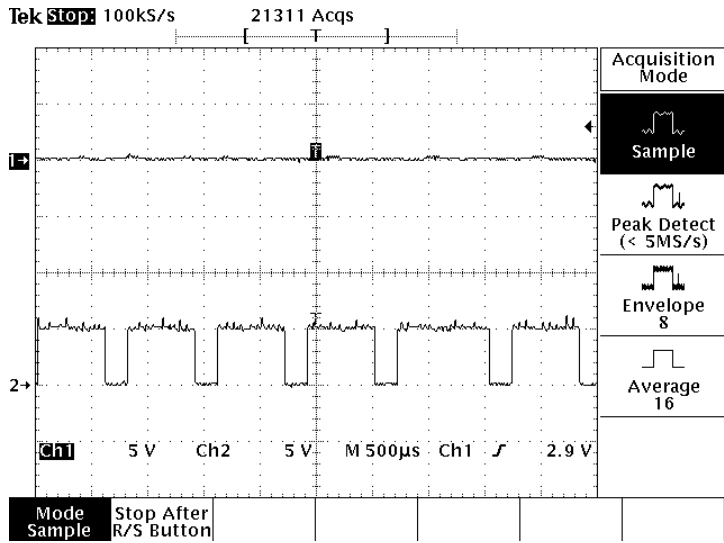


그림 5.7 오른쪽으로의 HSO.0,1 신호

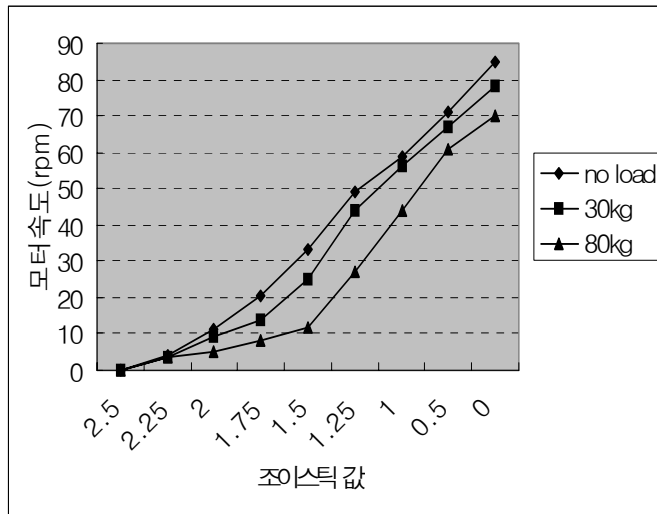


그림 5.8 피드백 제어가 없을 시

전동 휠체어의 속도의 비선형성 개선 부분의 실험은 부하가 없을 경우와 부하가 있는 경우를 테스트하였다. 부하가 있는 경우는 각각 30kg, 그리고 80kg를 휠체어에 가하여서 휠체어를 구동시켜 모터의 회전 속도와 조이스틱의 변위에 따른 전압을 측정하여서, 그래프로 표시하여 나타내었다.

그림 5.8과 그림 5.9의 출력 그래프는 조이스틱으로 전동 휠체어 시스템을 제어 동작시켰을 경우에 오른쪽 모터를 정 방향으로 구동시켰을 때, 퍼지 제어기의 유무에 따라서 부하가 있을 경우와 부하가 없을 경우에 회전하는 모터의 속도가 비선형적이었던 부분이 퍼지 제어기를 적용한 후에는 속도가 선형적으로 개선된 것을 나타내고 있다.

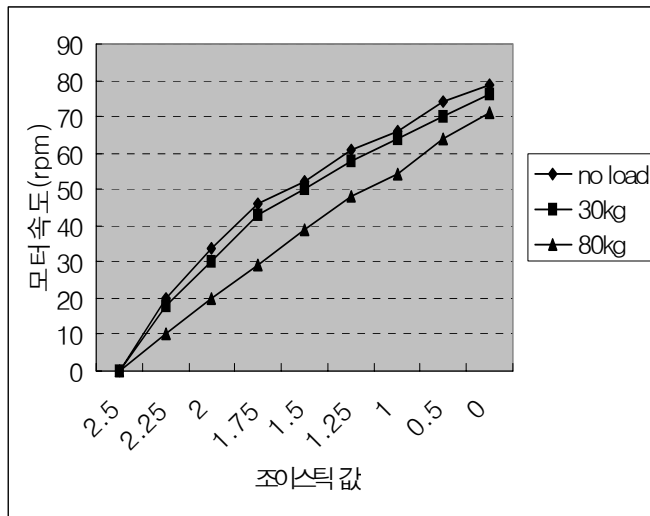


그림 5.9 보상 피드백 제어기 사용 시



## 제 6 장 결 론

본 논문에서는 기존의 전동형 휠체어가 단순히 조이스틱의 조작에 의하여 동작하는 반면에 인공지능기법 중에 하나인 퍼지알고리즘을 조이스틱과 모터 드라이브 단에 적용하여 전동 휠체어의 제어기를 설계하고 구현하였다. 전동 휠체어의 제어기의 설계 시에 조이스틱의 미세한 변화를 세부 적인 퍼지룰을 구성하여 작은 조이스틱의 움직임도 정확하게 동작 될 수 있도록 하였다.

휠체어가 부하에 대하여 휠체어의 속도가 변화되어 저서 선형적인 속도를 내지 못하기에 이 부분을 선형적으로 개선시키기 위하여 모터 구동단에 퍼지 보상기를 적용하였다. 실제 사람이 탑승하여 무게의 변화에 대하여 퍼지 보상제어기가 즉각적으로 대처 할 수 있다는 것을 본 논문에서 연구 결과로 제시하였다. 음성인식 모듈로 휠체어를 제어한 경우 음성으로써 전동휠체어의 제어동작을 가능하게 하였다.

본 논문에서 조이스틱과 음성인식 모듈을 이용하여 퍼지 제어기를 구현 한 시스템을 기초로 향후 연구 방향은 휠체어의 음성모듈로 동작 할 경우에 잡음에 의한 영향이 발생하는 경우가 있는데, 잡음의 환경에 대한 연구를 해야하며, 음성인식으로 휠체어를 구동했을 때에 휠체어 이동시에 장애물로부터 위험하게 되는 데 휠체어를 안정성 있게 휠체어가 이동하도록 안정성을 확보에 대한 연구가 이루어져야 하겠다.

## 참고 문헌

- [1] Berend-Jan van Zwaag, Dan Corbett, "Minimising Tremor in a Joystick Controller Using Fuzzy Logic", 1999 Third International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information Engineering System, 1999.
- [2] Ren C. Luo, Chi-Yang Hu, Tse Min Chen, "Force Reflective Feedback Control for Intelligent Wheelchair" Proceedings of the 1999 IEEE.
- [3] H.R. Sing, Abdul Mobin, Sanjeev Kumar, "Desige and development of voice/joystick operated micro-controller based intelligent motorized wheelchair". IEEE, 1999.
- [4] Ruei-Xi Chen, Liang-Gee Chen "System Design Consideration For Digital Wheelchair Controller". IEEE, 2000,
- [5] Jacek M. Zurada "Introduce to Artificial Neural Systems" Info Access Distribution Pte Ltd. 1992
- [6] J-J.E. Slatine, Applied Nonlinear Control, Prentice Hall. 1991
- [7] Takahashi Y. and C.S. Chan. "Parameterinstellung beilinearen DDC-algorithmen", Regelungstechnik und Prozess Datenverarbeitung Vol. 19, pp 237-244, 1971
- [8] Astrom K.J and T. Hagglung "Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins" Automatica, Vol. 20 pp 645-651,1984
- [9] Rad, A.B and P.J Gawthrop "Explicit PID self-tuning control for systems with unknown time-delay" Proc. of IFAC Int. Symposium on Intelligent Tuning and Adaptive Control, 1991

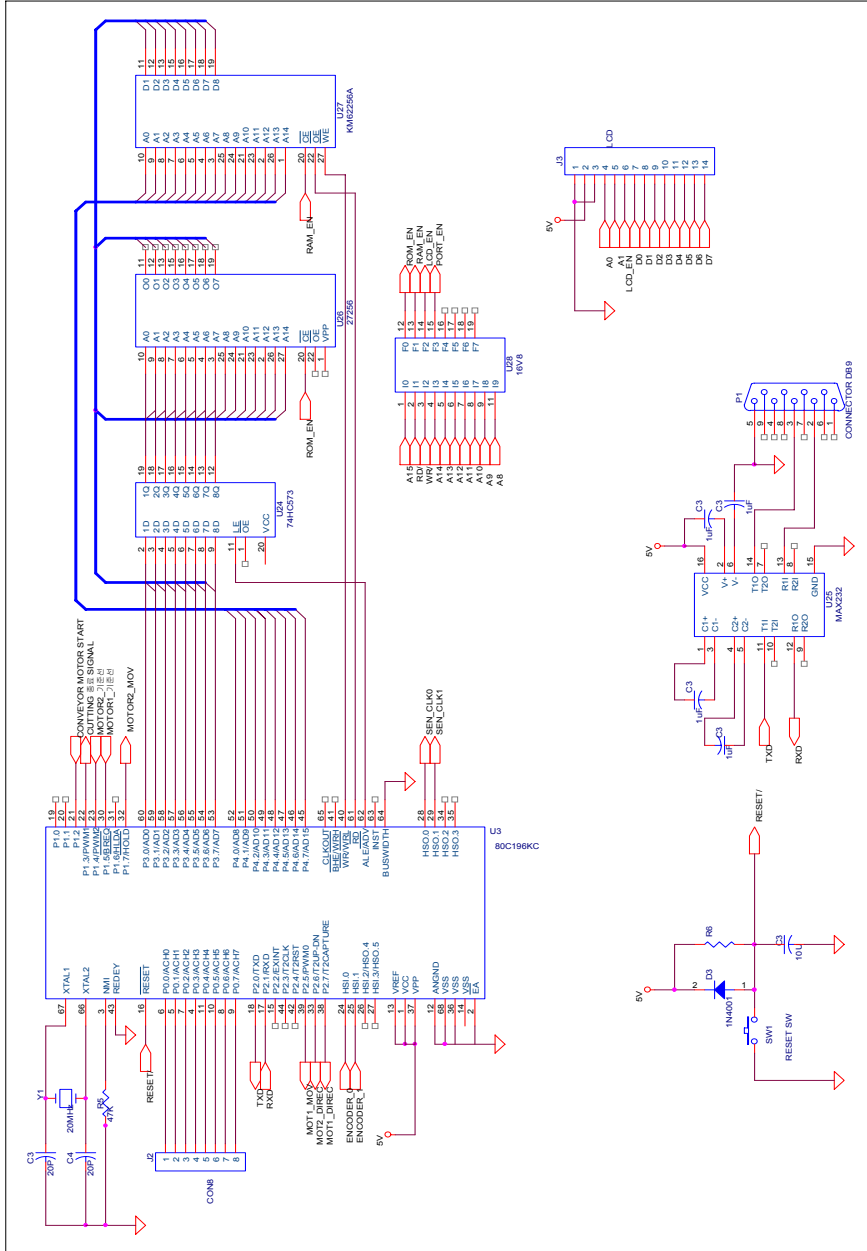
- [10] Cameron, F. and D.E. Seborg "A Self-tuning controller with PID structure" International Journal of Control Vol 30 pp 401-417, 1983
- [11] K.S Leung, W. Lam "Fuzzy Concepts in Expert Systems", IEEE Computer, September, 1988
- [12] C.V Negoita "Expert Systems and Fuzzy System" Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, 1985
- [13] J. J Buckley. W. Siler, D. Tucker, "A Fuzzy Expert Systems", Fuzzy Sets and Systems, Vol. 20, 1986
- [14] J. J. Buckley, D. Tucker, "Second Generation Fuzzy Expert Systems", Fuzzy Sets and Systems, Vol.31, 1989
- [15] J. C. Bezdk, "Analysis of Fuzzy Information Vol. II : Artificial Intelligence and Decision System", CRC Press, Florida, 1987.
- [16] Chuen Chien Lee, "Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I · II, " IEEE Transection on System, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 404-435, March/April, 1990.
- [17] K. Tanaka and M. Sano, "Trajectory Stabilization of A Model Car via Fuzzy Control," Fuzzy Sets and Systems Vol. 70, pp. 155-170, 1995.
- [18] L.X. Wang, "Stable Adaptive Fuzzy Control of Nonlinear Systems", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 1, No.2, May 1993
- [19] 이 상배, 퍼지 뉴로 제어 시스템, (주)교학사, 1999
- [20] B. Kosko, Neural Networks and Fuzzy Systems, Prentice

Hall, 1992

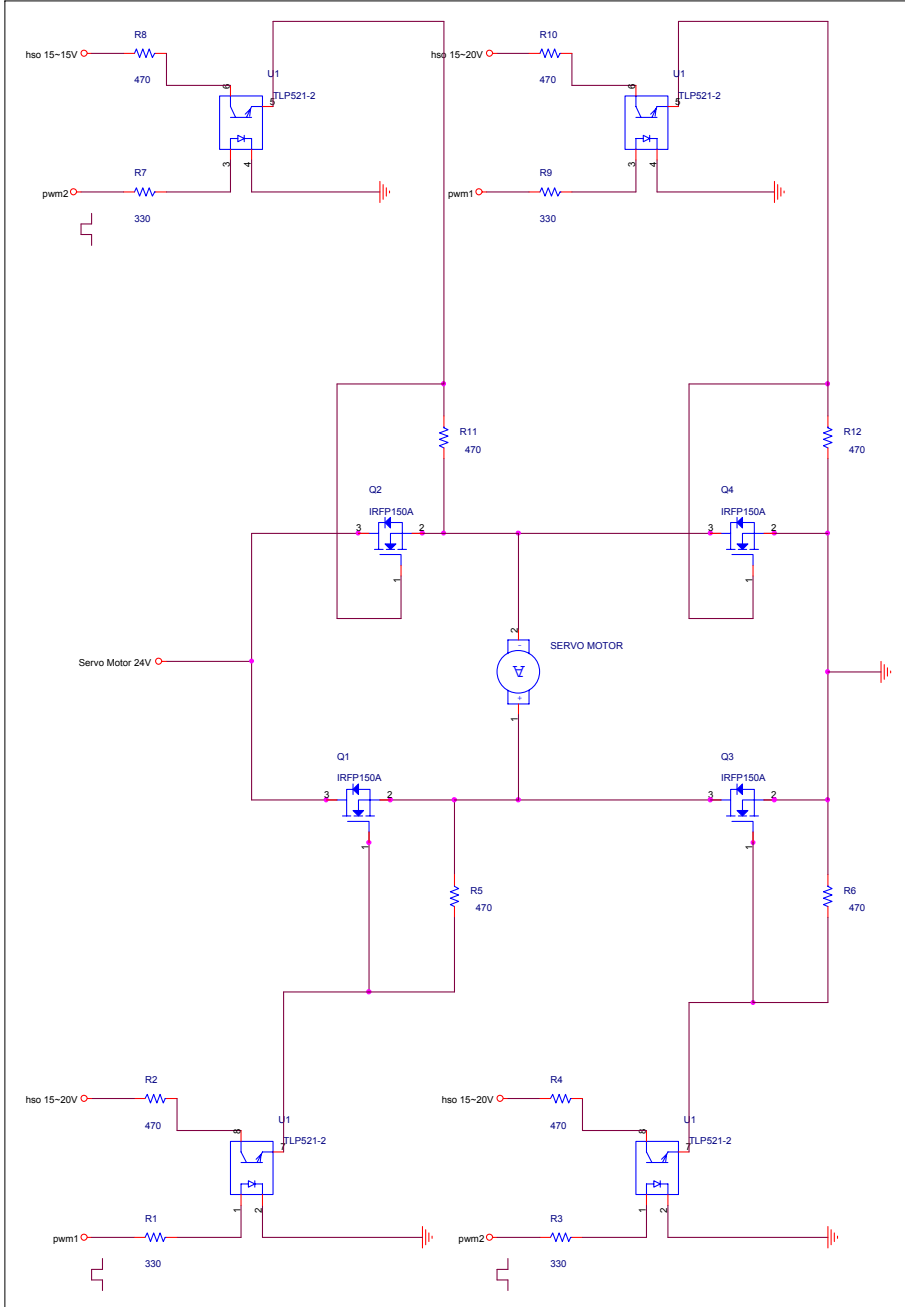
- [21] J.-S.R. Jang and C.-T.Sun, "Neuro-Fuzzy Modeling and Control", Proc. IEEE, March 1995

# 부 록

## 부록 1. 80C196KC Main System 회로도



## 부록 2. DC 모터(motor) 구동(drive)부 회로도



부록 3. 음성인식 모듈을 이용한 DC 모터 구동장치 사진



부록 4. 전동휠체어에 전체 시스템 장착 사진



부록 5. 전체 시스템 모습 사진





부록 6. IMT(Input Mapping Table) 표

VL	VR	V		VL	VR	V	
0	5	7	-45	5	0	7	135
0.8	5	7	-30	0	1.6	7	-105
1.6	5	7	-15	0.8	1.6	5	-110
2.5	5	7	0	1.6	1.6	3	-135
3.3	5	7	15	2.5	1.6	3	-180
4.1	5	7	30	3.3	1.6	3	135
5	5	7	45	4.1	1.6	5	110
0	4.1	7	-60	5	1.6	7	105
0.8	4.1	5	-40	0	0.8	7	-120
1.6	4.1	5	-25	0.8	0.8	5	-135
2.5	4.1	5	0	1.6	0.8	5	-150
3.3	4.1	5	25	2.5	0.8	5	-180
4.1	4.1	5	45	3.3	0.8	5	150
5	4.1	7	60	4.1	0.8	5	135
0	3.3	7	-75	5	0.8	7	120
0.8	3.3	5	-65	0	0	7	-135
1.6	3.3	3	-40	0.8	0	7	-150
2.5	3.3	3	0	1.6	0	7	165
3.3	3.3	3	40	2.5	0	7	-180
4.1	3.3	5	65	3.3	0	7	-165
5	2.5	7	90	4.1	0	7	150

## 감사의 글

2년의 시간 동안 나의 길을 인도하시고 지켜주신 여호와 이레의 하나님을 찬양합니다.

논문을 완성하기까지 지도와 관심을 아끼지 않으셨던 이상배 지도 교수님께 진심으로 감사 드리고, 좋은 논문이 되도록 세심한 지도를 해주신 양규식 교수님, 심준환 교수님께 감사 드립니다. 그리고 멀리서 지켜주신 인제대학교의 김진섭 교수님, 백승권 교수님, 안승호 교수님, 김남태 교수님, 서창준 교수님, 최현철 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다.

아침 바다와 저녁의 푸른 바다를 대학원 생활 동안 함께 바라보며 생활하고, 기쁨과 어려움을 늘 함께 한 동기이자 동생인 동환, 창규, 영탁, 희근, 정훈에게 진심으로 그리고 늦게나마 고맙다는 말을 전합니다. 그리고 부족한 부분을 감싸주며 발전할 수 있도록 도와주신 여러 선배님들과 함께 생활한 김관형 선배, 이재현 선배, 강성인 선배, 이주상 선배, 공석민 선배에게도 고마움을 전하고 멀리 있지만 관심을 배풀어준 김태영 선배, 방은오 선배, 손창우 선배에게도 감사 드립니다. 짧은 시간이지만 함께 한 후배인 중윤, 홍석, 수정에게도 고마움 전합니다.

나를 신앙으로 지도해주신 양정 중앙교회 목사님과 믿음과 사랑으로 함께 한 양정중앙교회 2청년회 지체들에게 감사를 드립니다.

마지막으로, 자식이 행복하고 잘되기를 바라며 자신의 어려움을 감추시고 평생 고생하신 어머니의 은혜와 사랑에 마음으로 큰절을 올려드립니다. 그리고 부족하지만 이 작은 열매를 어머니께 드리며 어머니 감사하고 사랑합니다. 또한 어려운 가운데서도 힘이 되어준 누나와 동생 재현에게도 고맙다는 말을 전하고, 내가 사랑하는 주선이 에게도 고맙다는 말을 전합니다.