

신경회로망을 이용한 창문청소로봇제어기의 설계에 관한 연구

김연근 · 이상배

한국해양대학교 대학원 전자통신공학과

A Study on the Design of the Window-cleaning Robot Controller using Neural Networks

Yeon-Keon Kim · Sang-Bae Lee

Dept. of Electronics and Communications Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791 Korea

요약 : 지능제어 기법중 하나인 인공지능 기법들은 여러 가지가 있으며, 그 대표적인 기법은 퍼지제어(Fuzzy Control)와 신경회로망(Neural networks)이다. 이런 인간을 모방한 지능형 제어기법에는 퍼지 추론과 신경회로망을 이용한 뉴로-퍼지 제어기법들이 있으며 많은 분야에서 널리 연구 및 적용되고 있다. 특히 신경회로망은 생물계의 신경계에 대한 우리의 현재 지식에 바탕을 두고 있으며 많은 분야에서 널리 연구, 적용되고 있다. 이런 지능적인 제어 기법을 밀바탕으로 아날로그 입력을 판별할 수 있는 센서를 사용하여 특징점을 받아, 현 산업 현장에 인공지능 제어기법을 기반으로 센서에서 나오는 신호를 특징점으로 많이 응용되고 있다. 본 논문에서는 지능제어 시스템에 마이크로 컨트롤러(ATMEGA128)와 초음파센서에서 나오는 신호를 A/D(Analog-to-Digital converter) 변환하고 신호처리하면서 지능제어기법을 이용한 지능형 창문청소 로봇에 대하여 구현 및 실험에 관한 연구를 하였다.

핵심용어 : 퍼지, 창문청소로봇, 인공지능, Atmega128

ABSTRACT : We can find various types in the artificial intelligence, which is one of the intelligence control techniques, and the typical ones are the fuzzy control and the neural networks. Such intelligence control techniques copying from human intelligence as the Fuzzy Control, the Control using neural networks, and the neuro-fuzzy control technique are under extensive research and wide application in many areas. Specially the neural networks, which are based on our present knowledge of the nervous system in the animate nature, is under extensive research and wide application in many areas. Based on these intelligence control techniques, we get the feature points by using to the system the sensor capable of distinguishing the inputs in analogue, and the signals from the sensor are applied as the feature points based on the artificial-intelligence control technique currently used in the work field. In this paper the researches are carried out on the realization and experiments of a window-cleaning intelligent robot using the intelligence control technique by converting the signals from the micro-controller and the ultrasonic sensor through the A/D converter.

KEY WORDS : Fuzzy, Window-cleaning robot, Artificial intelligence, Atmega128

1. 서 론

산업사회는 기계기술에서 시작하여 최근의 전자, 정보, 제어기술로 발전, 산업성장을 이루하였다. 요즘은 자동화 기술을 공장 및 사무실에서 응용하고 있으며, 앞으로는 사회 전반적으로 이용되는 추세이다. 하지만 시스템의 모델링이 힘들고 파라미터(Parameter)가 변하는 경우에는 스스로 학습하

면서 적응제어(Adaptive Control) 할 수 있는 지능제어 기법이 요구된다[1][2]. 특히 신경회로망은 생물계의 신경계에 대한 우리의 현재 지식에 바탕을 두고 있으며 많은 분야에서 널리 연구, 적용되고 있다. 이런 지능적인 제어 기법을 밀바탕으로 아날로그 시스템에 입력을 판별할 수 있는 센서를 사용하여 특징만 추출하였고, 산업 현장에서 사용되고 있는 인공지능 제어기법을 기반으로 센서에서 나오는 신호를 특징점이

* rcn2075@nate.com 051)410-4907

많이 응용되고 있다.

본 논문에서는 지능제어 시스템에 마이크로 컨트롤러와 초음파센서에서 나오는 신호를 A/D 변환하고 신호처리하면서 지능제어기법을 이용한 신경회로망을 이용한 창문청소 로봇제어기 설계에 관한 구현 및 실험에 관한 연구를 하였다.

전체적인 구성을 살펴보면 제 1장에서는 전체 시스템에 대한 서론을 정리하였고, 제 2장에서는 신경회로망의 개요 및 배경 학습 알고리즘과 신경회로망 모델을 논의하고, 제 3장에서는 지능로봇의 인공지능 제어시스템에서 전원부, 센서부에서는 물체 검출방법, 마이크로 컨트롤러로 시스템을 제어하는 방법, DC 서보 모터 제어에 대해 설명한다. 그리고 제 4장에서는 제시된 시스템의 구조를 기반으로 지능형 제어시스템의 제어 알고리즘 및 제어기 설계를 실시간 처리하는데 적합하도록 구현하여 지능형 제어시스템에서 전체 시스템의 동작 시퀀스, 제어시스템의 실험 결과를 고찰했다. 제 5장에서는 결론을 제시하였다.

2. 로봇 제어를 위한 신경회로망

신경회로망은 학습을 통해 지식과 경험을 축적하여 스스로 상황을 판단할 수 있는 인간과 유사한 것을 만들고자 생겨난 인공지능의 한 분야이다. 신경회로망의 발달은 뇌의 생물학적 신경세포와 그들의 연관관계를 단순화시키고 수학적으로 모델링하므로서 뇌가 나타내는 지능적 형태를 구현해 보자고 하는 것이다. 신경회로망은 개념적으로 매우 단순하며 주어진 입력에 대해 자신의 내부구조를 스스로 조직화하여 학습해 나간다. 오늘날의 신경회로망은 패턴인식, 음성인식, 제어 시스템, 의료진단, 통신시스템 등 여러 분야에 널리 응용되고 있다. 본 장은 신경회로망들이 본 연구에서 어떤 형태로 이용되는지를 도움 주기 위해 먼저 신경회로망의 구조와 학습알고리즘, 그리고 패턴인식과 예측을 위한 신경회로망 모델을 설명한다.

2.1 신경회로망

신경회로망은 인간과 의사소통하고 학습을 통해 지식과 경험을 축척하여 스스로 상황을 판단할 수 있는 인간과 유사한 것을 만들고자하여 생겨난 인공지능의 한 분야이다. 인간을 비롯한 동물들이 가지고 있는 뇌에 대한 연구결과를 근거하여 인공적으로 지능을 만들어 보고자 하는 연구이다. 다시 말해, 뇌에 존재하는 생물학적 신경세포와 그것들의 연결관계를 단순화시키고 수학적으로 모델링하므로써 뇌가 나타내는 지능적 형태를 구현해 보고자 하는 것이다.

지금까지의 연구 결과를 통해 신경회로망은 애매하고 불완전한 화상, 음성, 문자 등의 패턴인식과 특징 추출, 로봇이나 플랜트 등의 제어[3][4], 각종 센서로부터의 정보 인식, 판단,

계획 등의 처리와 그들 결과를 이용한 조작기의 운동제어와 자기 조직화 기능을 적용하면 실시간 제어가 가능하고 동시에 적용성 있는 로봇의 구현이 기대된다. 원인과 결과의 인과 관계가 애매하고 복잡한 문제 즉, 기후나 지진, 경제문제 등을 신경회로망의 자기 조직화를 이용하여 복잡하고 어려운 규칙을 자동으로 획득함으로써 응용되고 있다.

2.2 다층 신경회로망의 학습과 구조

패턴인식이나 특징추출, 시스템인식과 제어에 대해 가장 일반적으로 사용되어지는 신경회로망은 다층 신경회로망(multi-layer neural network)이고, 가장 공통적으로 적용되어지는 학습알고리즘은 오차 역전파 알고리즘(error back propagation algorithm)이다. 전형적인 다층 신경회로망은 Fig. 1에 나타내었다.

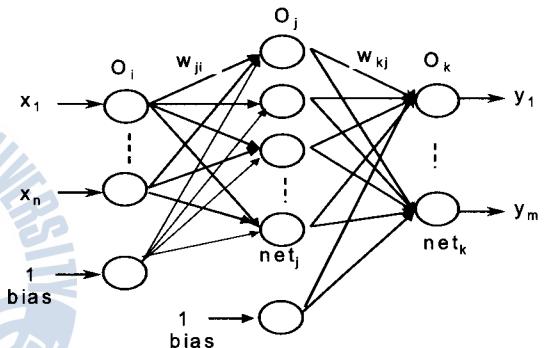


Fig. 1 Structure of a multi-layer neural network

이 신경회로망은 x 라는 입력을 갖는 입력층과 y 라는 출력을 갖는 출력층으로 이루어지며 입력층과 출력층 사이의 층을 우리는 보통 은닉층이라 한다.

여기서 O_i , O_j , O_k 는 입력층, 은닉층, 출력층의 출력을 의미하고, 입력층과 은닉층 사이의 가중치를 W_{ji} , 은닉층과 출력층 사이의 가중치를 W_{kj} 로 표기한다. 모든 정보는 신경회로망의 가중치에 저장되며, 학습 과정 동안 가중치 W_{ji} , W_{kj} 의 성분은 계속적으로 새로운 정보로 바뀌어 진다. 일반적으로 새로운 정보를 변경하는 신경회로망의 대표적인 알고리즘은 오차 역전파 알고리즘이다. 오차 역전파 알고리즘은 하나의 신경회로망에서 각각 뉴런에 의해 계산된 출력과 바라는 출력사이의 오차를 자승하여 최소화시키는 최소 평균 자승법을 사용한다. 오차 역전파 학습 알고리즘의 원리는 먼저 입력층에서는 신경회로망의 입력 x 를 은닉층으로 보낸다. 두번째로 은닉층의 뉴런들은 각각의 입력층으로부터 입력된 값과 가중치들의 곱을 합산함과 동시에 활성함수를 통해 연산된 결과인 뉴런의 출력을 출력층으로 보낸다. 출력층은 은닉층과 같은 뉴런 연산을 하여 출력한다. 이때 신경회로망의 출력값이 바라는 목표값과의 차이를 구하며, 이 차를 오차라고 말한다.

이 오차를 최소화하기 위해 각 층에 있는 가중치들을 오차 벡터 항들의 편미분을 계산하여 가중치를 조정한다. 다시 말해 출력층의 출력과 바라는 목표치 사이의 오차를 연산한 후 출력층에서 은닉층으로, 은닉층에서 입력층으로 역전파하여 오차에 따른 각각의 가중치 변화량에 의해 가중치들을 조정하며 이것을 오차 역전파라고 말한다.

j 번째 은닉층의 뉴런으로부터 k 번째 출력층의 뉴런간의 가중치를 W_{kj} 로 표기한다. 따라서, 출력층을 계산하면 식 (1)과 같다.

$$O_k = f(\text{net}_k) \quad (1)$$

$$\text{net}_k = \sum_j W_{kj} O_j \quad (2)$$

이와 같은 방법으로 은닉층을 계산하면 식 (3)이 된다.

$$O_j = f(\text{net}_j) \quad (3)$$

$$\text{net}_j = \sum_i W_{ji} O_i \quad (4)$$

여기서, 활성함수는 아래와 같은 단극성 함수를 사용하였다.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

신경회로망을 학습시키기 위해 신경회로망의 출력값이 바라는 목표값과의 차인 오차를 구해야 하며, 이 오차를 구하는 수식은 식 (6)에 나타내었다. 여기서 D_k 는 출력층의 k 번째 뉴런의 목표값을 의미한다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_k (D_k - O_k)^2 \quad (6)$$

학습의 목적은 가중치를 조정하여 E 를 최소화하는 것이므로 가중치의 조정에 대하여 살펴보면 오차를 최소화하기 위해 가중치를 음의 경사방향(negative gradient direction)으로 변화시켜야 한다. 따라서 가중치를 음의 경사 방향으로 오차에 대한 가중치의 방향 벡터를 편미분 함으로써 가중치 변화량을 구할 수 있다. 각 층에 있는 가중치 변화량을 구하면 다음과 같다.

$$\Delta W_{kj} = -n \frac{\partial E}{\partial W_{kj}}, \quad n > 0 \quad (7)$$

여기서 n 는 학습 속도를 나타내는 상수이며 이것을 학습률

이라 한다. 따라서, 일반화된 오차신호는 다음과 같다.

$$\delta_k = - \frac{\partial E}{\partial \text{net}_k} \quad (8)$$

식 (8)을 연쇄 규칙(chain rule)을 사용하여 아래와 같이 간단하게 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial E}{\partial \text{net}_k} \frac{\partial \text{net}_k}{\partial W_{kj}} = -\delta_k \frac{\partial \text{net}_k}{\partial W_{kj}} \quad (9)$$

식 (2)에 의해서 다음과 같이 된다.

$$\frac{\partial \text{net}_k}{\partial W_{kj}} = \frac{\partial (\sum_j W_{kj} O_j)}{\partial W_{kj}} = O_j \quad (10)$$

그러므로, $\Delta W_{kj} = n \delta_k O_j$ 가 되며, δ_k 는 아래와 같이 계산된다.

$$\delta_k = - \frac{\partial E}{\partial \text{net}_k} = - \frac{\partial E}{\partial O_k} \frac{\partial O_k}{\partial \text{net}_k} \quad (11)$$

여기서, 식 (6)으로부터 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{\partial E}{\partial O_k} = -(D_k - O_k) \quad (12)$$

또한, 식 (1)에 의해서 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{\partial O_k}{\partial \text{net}_k} = f'(\text{net}_k) \quad (13)$$

식 (5)에 의해 활성함수의 미분은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} f'(x) &= \frac{e^{-x}}{(1 + e^{-x})^2} \\ &= \frac{1}{(1 + e^{-x})} \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-x}}\right) \\ &= f(x)(1 - f(x)) \end{aligned} \quad (14)$$

그러므로,

$$\frac{\partial O_k}{\partial \text{net}_k} = O_k(1 - O_k) \quad (15)$$

이다. 따라서, 가중치의 변화분은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta W_{kj} &= n \delta_k O_j \\ \delta_k &= O_k(1 - O_k)(D_k - O_k) \end{aligned} \quad (16)$$

지금까지는 출력층에 대한 가중치 변화에 대하여 기술하였고, 다음은 은닉층에 대한 가중치의 변화에 대해서 기술한다. 여기서도 오차를 최소화하기 위해 가중치를 음의 경사 방향으로 변화시켜 준다.

$$\Delta W_{ji} = -n \frac{\partial E}{\partial W_{ji}}, \quad n > 0 \quad (17)$$

식 (17)을 연쇄 규칙을 사용하여 아래와 같이 간단하게 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ji}} = \frac{\partial E}{\partial net_j} \cdot \frac{\partial net_j}{\partial W_{ji}} \quad (18)$$

$$\delta_j = -\frac{\partial E}{\partial net_j} \quad (19)$$

식 (4)로부터

$$\frac{\partial net_i}{\partial W_{ji}} = O_i \quad (20)$$

이다. 여기서, 입력층의 출력값 O_i 는 신경회로망 입력값 X_i 와 같다. 즉, $O_i = X_i$ 이다. 그러므로, $\Delta W_{ki} = n\delta_j O_i$ 가 되고, δ_j 는 아래와 같이 계산된다.

$$\delta_j = -\frac{\partial E}{\partial net_j} = -\sum_k \frac{\partial E}{\partial net_k} \frac{\partial net_k}{\partial O_j} \frac{\partial O_j}{\partial net_j} \quad (21)$$

여기서, 식 (2), (3), (8)으로부터 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \delta_j &= \sum_k \delta_k W_{kj} f'(net_k) \\ &= O_j(1 - O_j) \sum_k \delta_k W_{kj} \end{aligned} \quad (22)$$

따라서 가중치의 변화는 다음과 같다.

$$W_{ji} = W_{ji} + \Delta W_{ji} \quad (23)$$

$$W_{kj} = W_{kj} + \Delta W_{kj} \quad (24)$$

지금까지 설명했듯이, 오차 역전파 알고리즘은 오차 신호를 계산하고 신경망의 가중치들을 조정하기 위해서는 바라는 응답값이 필요하다. 이러한 초기의 학습 후에 신경망은 학습에 사용되지 않은 새로운 데이터의 집합을 입력할 수 있다. 학습된 데이터의 집합이 아닌 데이터를 갖는 신경회로망의 정확성은 신경망에 일반화 능력을 부여한다. 그리고 이것은 곧 신

경망의 신뢰도를 가리킨다. 학습과 검사단계 후에, 신경회로망은 패턴 분류기, 또는 잘모르는 비선형 함수와 복잡한 처리를 모델화하는데 사용될 수 있다.

3. 지능로봇의 인공지능 제어시스템

메카트로닉스 시대의 기술 중에서 가장 두드러진 특징이라면 자동화 시스템을 들지 않을 수 없듯이 이 로봇은 컴퓨터 무선입력과 여러 종류의 무선 입력을 사용할 수 있다[5]. 본 절에서는 컴퓨터에서 지그비(ZigBee)무선으로 입력을 통한 모터 구동에 대해서 설명하겠다. 입력된 신호는 지그비(ZigBee) 무선통신을 통하여 메인 시스템을 제어할 수 있다. 입력된 신호는 마이크로 컨트롤러로 양방향 통신을 통하여 현재 진행방향 및 위치를 알 수 있으며, 폐루프 제어시스템인 PID제어 시스템을 위해서 엔코더 값을 받아들이는 방식을 취하고 있다. 본 장에서는 크게 4가지 부분으로 나누어진다. 전원부, 센서부, 마이크로 컨트롤러 시스템 기술, DC 서보 모터 제어 기술에 대해 설명한다.

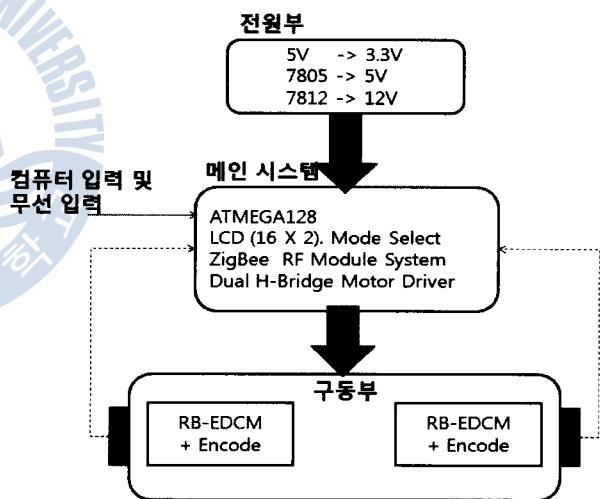


Fig. 2 A robot driving structure

3.1 전원부

전원부는 매우 안정적으로 구성되어 있다. 전원부의 중요성은 더 이상 강조하지 않아도 중요성을 잘 알고 있을 것이다. 전원부는 시스템에 필요한 전원을 안정적으로 공급하기 위한 부분이다. 필요한 전원은 모터를 구동하기 위해 12V, 마이크로 컨트롤러를 제어하기 위하여 5V, 3.3V를 필요로 하고 있다. Fig. 3에서는 24V를 메인 전원으로 사용하여 각각 안정적인 전원공급을 위해 전원부가 설계되어 있다. 전원부는 레귤레이터를 통해서 가변을 하고 있다.

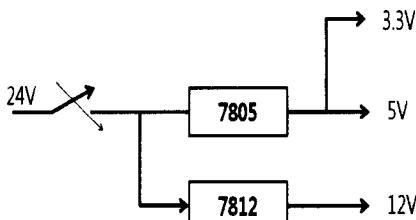


Fig. 3 A power pare

3.2 메인시스템

제어 응용 시스템에 마이크로 컨트롤러를 사용하게 되면 여러 가지의 장점들이 있다. 첫째 소형 경량화 시스템의 컨트롤러 부분이 마이크로 컨트롤러 1개와 극 소수의 외부 소자들로 간단히 구성됨으로 크기와 무게가 현저히 줄어들고 소비 전력도 적어진다. 둘째 낮은가격 컨트롤러 부분이 단순화됨에 따라 부품비, 제작비, 개발비가 감소되고 개발 시간도 단축된다. 셋째 신뢰성의 향상 컨트롤러가 단순화되어 부품수가 적어지고 신뢰도가 높은 소자를 사용하므로 고장률이 감소되고 유지보수가 용이하다. 넷째 융통성 하드웨어에 의존하는 부분을 소프트웨어로 처리할 수 있게 됨으로 기능의 변경이나 확장에 보다 유연하게 대응 할 수 있다. 메인시스템의 구성은 Fig. 3에 나와 있는 회로도에 잘 나타나 있다. 메인시스템은 ATMEGA128과 모터 드라이브, 디스플레이어, 초음파 센서, 엔코더 등이 구성되어 있다. 그리고 자체 와치-독 기능을 수행하고 있다. 중요한 부분을 담당하고 있으므로, 오동작이 생길시 이를 자체의 와치-독 기능을 통해 항상 감시해서, 오동작이 생기면 그 즉시 해결 한다.

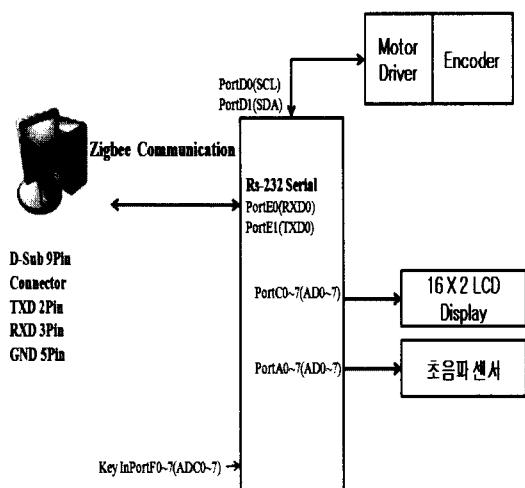


Fig. 4 A main system structure

마이크로 컨트롤러로 사용하고 있는 ATMEGA128칩의 장점은 아래 Table 1과 같이 많은 장점이 있어서 사용되고 있다.

Table 1 ATMEGA128

ATMEGA 128 특징	
1	고성능이면서 저소비전력형의 마이크로 컨트롤러이다
2	133종의 명령 세트를 가지고, 이것들 중의 대부분은 1클럭 사이클.
3	128KB의 ISP방식 프로그램용 플래시 메모리를 가지고 있다.
4	4KB의 데이터 저장용 EEPROM, 4KB의 데이터 저장용 SRAM
5	6개의 8비트 병렬 I/O 포트 및 1개의 5비트 병렬 I/O포트를 가지고 있다.
6	2개의 8비트 타이머/카운터(0,2)와 2개의 16비트 타이머/카운터(1,3)를 가지고 있다. 이들 타이머/카운터는 2개의 8비트 PWM 출력, 6개의 2~16비트 PWM 출력, 출력비교 단자 등과 관련되어 동작한다.
7	8채널 10비트 A/D컨버터를 가지고 있다.

메인 컴퓨터와 제어시스템은 1:n 방식으로 서보모터를 무선 제어하기 위해서 필요한 지그비 무선모듈을 사용하고 있다. RF Channel을 16 개까지 변경이 가능하고 254개의 ID 변경이 가능하기 때문에 한 그룹으로서 254개의 모터를 제어 할 수 있다. 통신 속도는 9600bps로 사용하고 있다. Fig. 4와 같이 Sub_ID는 RX모드의 모듈에서 데이터를 받아서 다른 Device를 제어할 수도 있고 TX 모드로 설정되어 있으면 RXD1, TXD1번을 사용할 수 있다. 일반적으로 사용하는 모터를 무선으로 제어하고자 할 때 Command가 0x41로 보낼 경우 사용이 가능하며 다음과 같이 Packet에 0x41 명령을 보내고 모터의 각도 값을 보내면 모터가 그 위치에 설정된다. 위치 설정 방법은 아래와 같다.

0x40(speed) + Value --> 10ms + m
0x41(degree) + 0x00 ~ 0xfe --> 0 ~ 180 도 까지 각도 설정
0xff(Broadcast) + 0x00 ~ 0xfe --> 모든 모듈에 연결된 모터각도 설정

ZigBee RF Module System

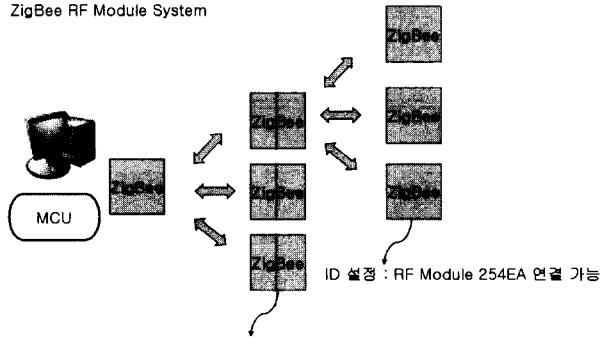


Fig. 5 ZigBee module system

Fig. 6과 같이 일반적으로 사용하는 모터를 무선으로 제어하고자 할 때 Command가 0x41로 보낼 경우 사용이 가능하며 다음과 같이 Packet에 0x41 명령을 보내고 모터의 각도 값을 보내면 모터가 그 위치에 설정된다. 위치 설정 방법은 아래와 같다.

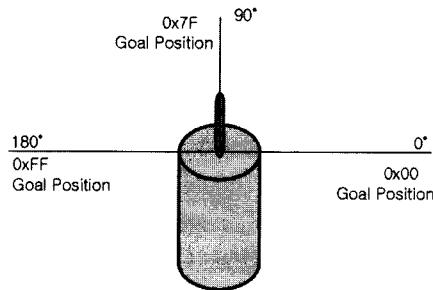


Fig. 6 ZigBee communication and motor control.

3.3 DC 서보 모터 제어

이동 로봇이나 매니퓰레이터(Manipulator)등의 산업용 가공 시스템에는 움직임을 발생시키는 액추에이터(Actuator)가 반드시 필요하다. 외부환경을 인식하는 부분이 센서라면 일을 하는 부분이 바로 액추에이터로써, 소형 및 경량이고 토크등의 출력이 커야하고 에너지 효율도 좋고 제어하기 쉬워야 한다[6]. 사용되어지고 있는 모터는 연속 전류가 최대 5A로 흐르고 토크는 170RPM에 기어비는 30:1인 모터로서 비교적 안정적인 DC모터를 사용하고 있다. 그리고 전류제어를 실시간으로 확인하고 있어 불가피할 경우 전류제어를 I2C통신을 사용하여 제어를 한다. I2C데이터 라인을 통해 데이터를 송수신 한다.

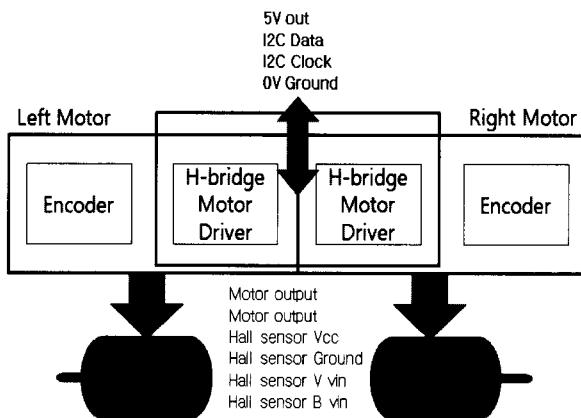


Fig. 7 DC motor control System

모터 드라이브는 H-브릿지회로를 구성하고 있다. 부록 2 회로도에 잘 나타나 있다. DC 모터를 사용하려면 폐루프 제어(Closed loop control)를 해야 한다.

3.4 센서부

센서는 오래전부터 제어 기기의 검출부로서 이용되어 왔지만 최근엔 소형으로서 고성능인 센서가 다양하게 개발되어 각종 산업이나 민생용에서부터 마이크로 이르기까지 광범위하게 이용되고 있다[7]. 마이크로 컨트롤러를 사용하여 아날로그의 신호를 A/D변환한다. 이렇게 신호를 받은 여러 물체들의 윤곽이나 특정점을 마이크로 컨트롤러에서 판별하게 된다. 각 기기가 처리해야 하는 신호는 온도, 빛, 음성 등을 이용하여 전기적 신호에너지로 변환한 아날로그 신호들이기 때문에 디지털 신호 처리 기법을 이용하기 위해서는 이를 디지털 신호로 변환하는 과정이 필요하다. A/D 컨버터(Analog-to-Digital Converter)는 분해능과 변환 속도 등과 같은 기본적인 사양만 A/D 컨버터를 이용한 시스템을 구성할 수 있다. A/D컨버터는 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸어주는 장치를 의미한다. 아날로그신호-자연계에 존재하는 모든 형태의 물리량을 의미하는 것 디지털신호-대부분 인간이 생성된 것으로써 몇 개의 규칙을 통해 생성한 부호의 형태 0, 1 대부분 0V, 5V 단 두개의 전압으로 나타낼 수 있다. 기본적인 신호를 처리하는 디지털 컴퓨터는 마이크로프로세서와 부가 회로로서 구성되어 있으며 모든 입출력 신호 및 처리과정의 신호를 디지털 방식으로 처리한다.

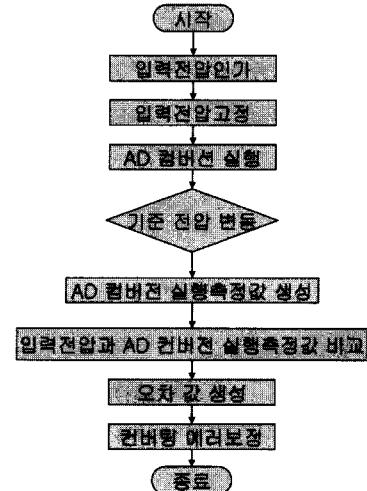


Fig. 8 AD converter process

본 논문에 사용되는 센서는 Pencil Beam 초음파 센서로 매우 작은 음파 빔 폭과 빠른 사이클을 지원한다. 25mA의 적은 전압으로도 구동이 가능하고 크기도 24mm x 20mm x 19mm로 매우 작으면서도 성능은 최상급이라 생각된다. 센서부는 로봇 즉 창문닦이로봇이 창문 끝부분을 감지하여 안정적으로 멀어지는 경우를 사전에 방지하고, 진행위치를 찾는 부분에 사용되고 있다. 센서부는 초음파 센서와 PIC16F84를 통해서 별개로 설계를 했다.



Fig. 9 Ultrasonic wave sensor

3.5 전체 시스템

Fig. 10에서 보면 크게 3개의 모듈을 통해서 전체시스템을 나누어 볼 수 있다. 초음파센서에서 받은 입력이 마이크로 컨트롤러로 전달이 되고, 입력받은 마이크로 컨트롤러는 지그비(Zigbee) 무선 통신 모듈을 통해 메인 컴퓨터와 양방향 통신을 송수신한다. 메인컴퓨터에 수신된 신호는 시스템 동작 시퀀스에 의해 시스템이 구동된다.

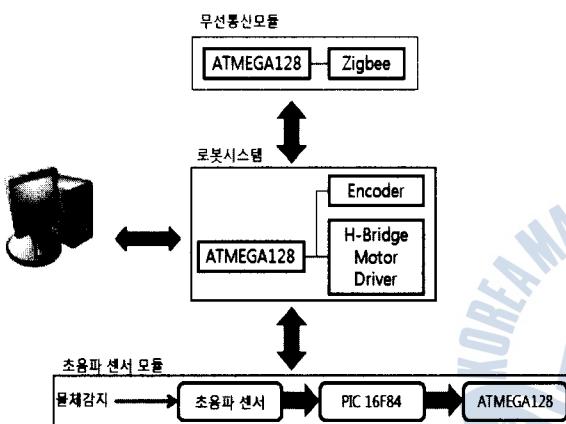


Fig. 10 A configuration of whole system

4. 시스템의 구현 및 실험

본 장에서는 3장에서 언급한 기능들을 지능형 제어시스템에 적용해 그 응용을 가변적인 상황을 수용하면서도 안정성과 유연성이 뛰어난 지능시스템의 알고리즘 및 제어기에 적용하여 실험하였다. 정확하고 안정적으로 위치를 검출해서 중간에 외부의 외란에 대해서는 보정파라미터(인공지능기법)이 적용되어 실험을 하였다.

4.1 시스템 구성 및 개요

시스템의 제어기인 메인컨트롤러 제어기, 센서 회로, 무선통신, 이동하는 모터 제어용 엔코더를 제어하면서 보다 정확하고 안정적으로 구성이 되었다.

Fig. 11은 전체 하드웨어 구성도로서 내장형 제어기를 기준으로 주변 장치들을 나타낸 것이다. 먼저, 엔코더에서 나오는 신호를 CPU 자체 내에서 정확한 위치를 처리 한다. 그래서 데이터를 신호처리 한 후 보정 파라미터(인공지능기법)

학습에 의해서 현재 위치 및 진행 방향을 정확하게 움직일 수 있다. 여러 가지 외란에 대해서도 적응되어 있다.

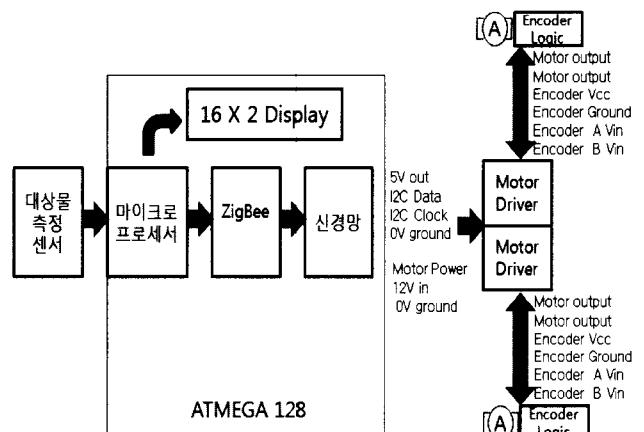


Fig. 11 Robot control hardware

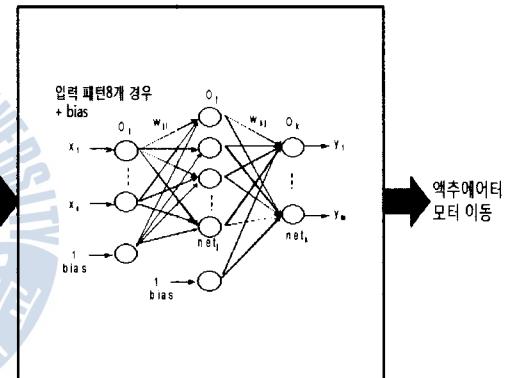


Fig. 12 Neural net structure for error

Fig. 12는 전체적인 창문의 크기를 센서입력으로 계산하고 엔코더에서 출력 값을 예측하기 위해서 오류 역전파 알고리즘을 이용한 신경회로망 기법도 사용하였다.

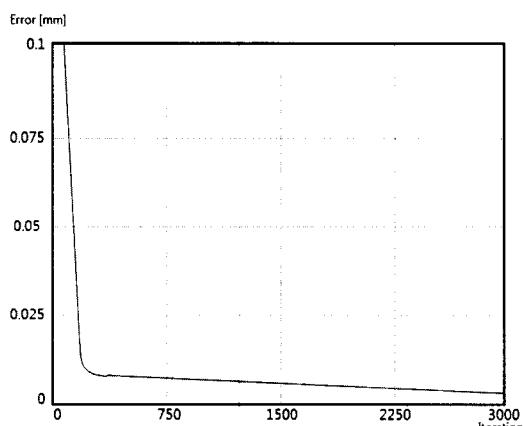


Fig. 13 General study graph

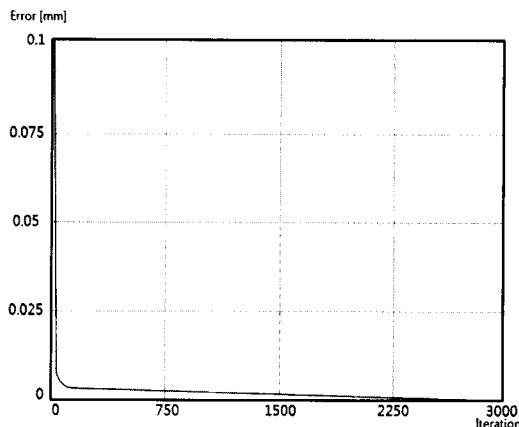


Fig. 14 The momentum clause was used. BP Study graph

Fig. 13은 일반적으로 학습시켰을 때의 에러율을 그래프로 나타낸 그림이고, Fig. 14는 모멘텀 항을 사용한 에러율의 그래프로 나타낸 그림이다. 수렴속도가 빠르게 도달되는 것을 볼 수가 있다. 이렇게 구한 최적의 웨이트값들을 마이크로 컨트롤러로 대입시켜, 실질적인 창문의 크기를 구할 수 있으며, 구한 데이터를 기준으로 로봇이 동작한다.

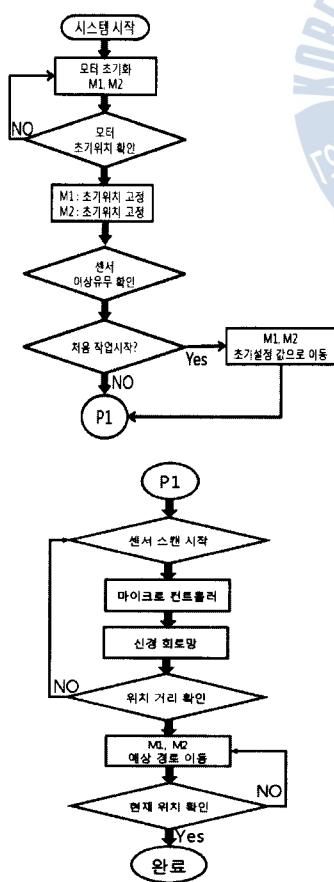


Fig. 15 System operation process

4.2 마이크로 컨트롤러를 이용한 모터 위치 제어 및 동작 시퀀스

센서에서 받은 데이터를 계측해서, 제어 기능과 연결시키면서 동시에 액추에이터 기능을 연결시키면 자동화 기능의 기본적인 구조라 할 수 있다[8]. 이런 일들은 단순하면서 개발비가 저렴한 마이크로 컨트롤러와 페루프 제어를 할 수 있는 DC 서보 모터의 이용으로 구현할 수 있다. 마이크로 컨트롤러는 ATMEGA128를 사용했으며, 사용하기 매우 간단하면서 신뢰성이 우수하다.

본 논문에서 구성한 전체적인 동작 순서도는 Fig. 15에 걸쳐 제시하였다. 먼저, Fig. 16에서는 메인컴퓨터에 의해 초기화 작업을 먼저 시행하였고, 초기화가 끝나면 지그비 (ZigBee) 양방향 무선통신을 이용하여 초기화 작업이 완료되었음을 모니터링하여 사용자에게 알려준다.

다음 단계는 사용자에 의해서 조작이 가능해 지고, 본 논문에서 중점이 되고 있는 부분을 어떻게 창문의 크기와 초기 위치에 도달하는데 중점을 두고 있다.

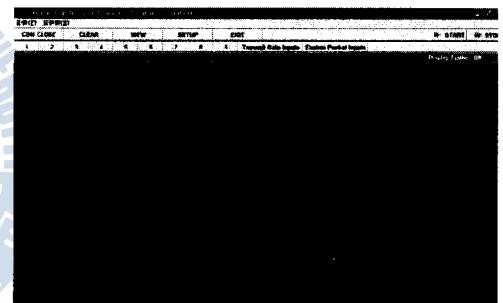


Fig. 16 Analog sensor input sampling output price

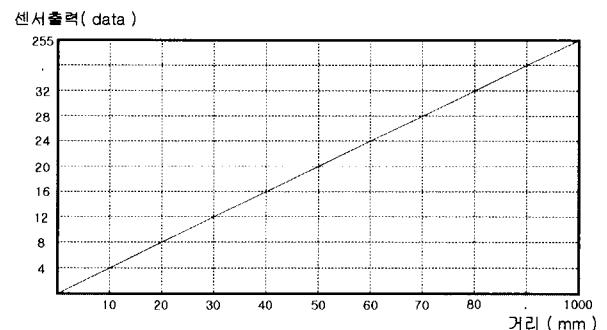


Fig. 17 The output data of the sensor by distance

아날로그로 출력되는 센서의 입력값을 256등분으로 샘플링하여 거리에 따른 출력 결과를 256등분하여 나온 결과 값이다.

4.3 실험 및 결과

지금까지 언급한 지능형 제어시스템의 제어알고리즘 및

제어기 설계 및 실험하였다.

Fig. 16과 같이 들어오는 입력 아날로그 값을 A/D 변환하여 256등분해 거리에 매칭 시켜 나온 결과이다. 256등분으로 샘플링한 결과는 마이크로 컨트롤러에 전달되어 오류 역전파 알고리즘을 이용한 신경회로망 결과에 따라 이동 경로가 정해진다.

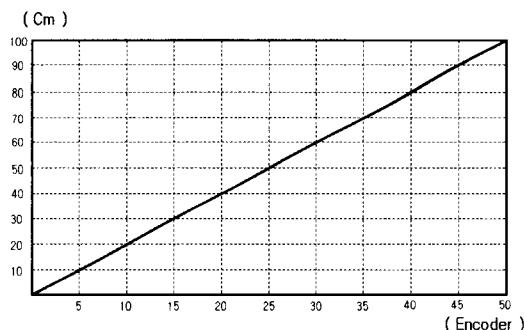


Fig. 18 Encoder and motor move form



Fig. 19 The figure of the embodied system

Fig. 18은 아날로그로 출력되는 센서의 입력값을 256등분으로 샘플링하여 거리에 따른 출력 결과를 보정파라미터 기법을 적용하여 나온 결과 값이다.

5. 결 론

센서에서 나오는 신호를 마이크로 컨트롤러에서 A/D 변환과 신호 처리하고, 인공지능 제어기법을 이용하여 창문의 크기 및 위치를 찾아 정확하게 위치를 제어하는 청소로봇을 구현하여 실험하였다. 그 결과 여러 외란에 대해서도 적용시켜 보니 안정적인 결과가 출력되었다.

향후 해결해야 될 연구 방향은 완전 자동화를 위해서 인성적 판단에 근거한 AI(Artificial Intelligence)에 기반을 둘으로 더욱 안정된 시스템을 만들기 위해 자발적 학습 알고리즘의 개발과 하드웨어구조를 더욱 간단하게 만들어 좀 더 효과적인 자동화 시스템을 만들 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M. Khalid and S. Omatsu, "A neural network controller for a temperature control system," IEEE Control System Magazine, Vol. 3, pp. 1992
- [2] D. Psaltis, A. Sideris, "A multilayered neural controller," IEEE Control System Magazine, 1988.
- [3] Yan-Qing Yang and Avraham Kandel, "Compensatory Neuro-Fuzzy Systems with Fast Learning Algorithm," IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 9, 1, pp.83-105, 1998
- [4] Jacek M. Zurada, "Introduction to Artificial Neural System," West Publishing Company, 1992
- [5] Y. Chen and F. Bastani, "ANN with Two Dendrite Neurons and Weight Initialization," Proc. IJCNN, Baltimore, vol. III, pp.139-146, 1992.
- [6] C. Koch and T. Poggio, "Multiplying with Synapses and Neurons," in Single Neuron Computation, T. McKenna, J. Davis, and S. F. Zonnetzer, pp.3165-3455, 1992.
- [7] R.J. Thien and S.D. Hill, "Sensor Fusion for Automated Assembly Using an Expert System Shell", Proc. 5th Int. Conf. Advances Robotics, Pisa, Italy pp. 1270-1274, 1991
- [8] G.F. Franklin, and A.E. Naeini, Feedback Control of Dynamic Systems, Addison-Wesley, Reading, MA, 1986

원고접수일 : 2008년 12월 12일

원고채택일 : 2009년 02월 16일

